

Metode uji standar untuk mengukur viskositas minyak lumas mesin baru dan yang telah digunakan pada *high shear rate* dan temperatur tinggi (150 °C) menggunakan viskometer *Tapered Bearing Simulator* (TBS)

Standard Test Method for Measuring Viscosity of New and Used Engine Oils at High Shear Rate and High Temperature by Tapered Bearing Simulator Viscometer at 150 °C

(ASTM D4683–10, IDT)



© ASTM – All rights reserved

© BSN 2016 untuk kepentingan adopsi standar © ASTM menjadi SNI – Semua hak dilindungi

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

*"This Standard is identical to **ASTM D 4683–10, Standard Test Method for Measuring Viscosity of New and Used Engine Oils At High Shear Rate and High Temperature by Tapered Bearing Simulator Viscometer at 150 °C**, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, West Conshohocken PA 19428 USA.
Reprinted by permission of ASTM International."*

*ASTM International has authorized the distribution of this translation of **SNI 8256:2016**, but recognizes that the translation has gone through a limited review process. ASTM neither represents nor warrants that the translation is technically or linguistically accurate. Only the English edition as published and copyrighted by ASTM shall be considered the official version. Reproduction of this translation, without ASTM's written permission is strictly forbidden under U.S. and international copyright laws.*

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif.....	2
3 Istilah dan definisi	2
4 Ringkasan metode uji	6
5 Arti dan kegunaan.....	7
6 Peralatan.....	7
7 Bahan.....	9
8 Pengambilan sampel	11
9 Persiapan peralatan.....	11
10 Menetapkan posisi operasi rotor untuk <i>shear rate</i> sebesar $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$	13
11 Kalibrasi viskositas untuk viskometer TBS	14
12 Analisa viskometrik sampel minyak	19
13 Perhitungan.....	21
14 Pelaporan.....	22
15 Presisi dan bias.....	22
16 Kata kunci	24
Lampiran (normatif) A1. Model viskometer tapered bearing simulator	25
Lampiran (normatif) A2. Beberapa persamaan untuk viskometri absolut <i>Tapered Bearing Simulator</i>	28
Ringkasan perubahan.....	32

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8256:2016, *Metode uji standar untuk mengukur viskositas minyak lumas mesin baru dan yang telah digunakan pada high shear rate dan temperatur tinggi (150 °C) menggunakan viskometer Tapered Bearing Simulator (TBS)* merupakan SNI baru. SNI ini merupakan adopsi identik dari ASTM D4683–10, *Standard Test Method for Measuring Viscosity of New and Used Engine Oils at High Shear Rate and High Temperature by Tapered Bearing Simulator viscometer at 150 °C*, dengan metode terjemahan.

SNI ini disusun untuk memudahkan pengguna dalam memahami metode uji sehingga dapat menerapkannya dengan baik dan benar.

Untuk tujuan ini telah dilakukan perubahan editorial yaitu tanda titik telah diganti dengan tanda koma dan sebaliknya untuk penulisan bilangan.

SNI ini disusun sesuai dengan ketentuan yang diberikan dalam:

- a) Pedoman Standardisasi Nasional PSN 03.1:2007, Adopsi Standar Internasional dan Publikasi Internasional lainnya, Bagian 1: Adopsi Standar Internasional menjadi SNI (ISO/IEC Guide 21-1:2005, *Regional or national adoption of International Standards and other International Deliverables – Part 1: Adoption of International Standards, MOD*),
- b) Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007, Penulisan SNI,
- c) Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 10:2012, Adopsi Standar American Society for Testing and Material menjadi Standar Nasional Indonesia.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 75-02 Produk Minyak Bumi, Gas Bumi dan Pelumas dan telah dibahas dalam rapat konsensus lingkup Komite Teknis di Jakarta pada tanggal 2-3 Desember 2014 yang dihadiri oleh wakil dari produsen, konsumen, tenaga ahli, asosiasi dan peneliti serta instansi teknis terkait lainnya.

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam standar ini maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu ASTM D4683-10 dan/atau dokumen terkait lain yang menyertainya.



Metode uji standar untuk mengukur viskositas minyak lumas mesin baru dan yang telah digunakan pada *high shear rate* dan temperatur tinggi (150 °C) menggunakan viskometer *Tapered Bearing Simulator* (TBS)¹

Standard test method for measuring viscosity of new and used engine oils at high shear rate and high temperature by Tapered Bearing Simulator viscometer at 150 °C¹

1 Ruang lingkup*

1.1 Metode uji ini mencakup penentuan secara laboratorium viskositas minyak lumas mesin pada 150 °C dan $1,0 \times 10^6$ detik⁻¹ menggunakan viskometer yang memiliki rotor dan stator yang sedikit meruncing disebut viskometer *Tapered Bearing Simulator* (TBS)².

1.2 Minyak kalibrasi *Newtonian* yang digunakan untuk menetapkan metode uji ini memiliki kisaran sekitar 1,2 sampai dengan 7,7 mPa.s pada 150 °C.

1.3 Minyak referensi *non-Newtonian* dengan viskositas mendekati 3,55 mPa.s pada 150 °C pada metode uji ini digunakan untuk menghasilkan *shear rate* $1,0 \times 10^6$ detik⁻¹.

1.4 Viskometer manual, semi otomatis, dan otomatis digunakan untuk pengembangan ketelitian metode uji ini.

1 Scope*

1.1 This test method covers the laboratory determinations of the viscosity of engine oils at 150 °C and $1,0 \times 10^6$ s⁻¹ using a viscometer having a slightly tapered rotor and stator called the Tapered Bearing Simulator (TBS) Viscometer².

1.2 The Newtonian calibration oils used to establish this test method range from approximately 1,2 mPa.s to 7,7 mPa.s at 150 °C.

1.3 The non-Newtonian reference oil used to establish the shear rate of $1,0 \times 10^6$ s⁻¹ for this test method has a viscosity closely held to 3,55 mPa.s at 150 °C.

1.4 Manual, semi-automated, and fully viscometers were used in developing the precision statement for this test method.

¹ Metode uji ini di bawah yurisdiksi *ASTM Committee D02 on Petroleum Products and Lubricants* dan merupakan tanggungjawab langsung dari Subcommittee D02.07 tentang *Flow Properties*. Edisi terakhir disahkan pada 1 Oktober 2010. Diterbitkan pada Nopember 2010. Pertama kali disahkan pada 1987. Edisi terakhir disahkan pada 2009 sebagai D 4683–09. DOI: 10.1520/D4683-10.

² Sumber pasokan peralatan satu-satunya yang telah dikenal oleh Komisi pada saat ini adalah dari Tannas Co., 4800 James Savage Rd., Midland, MI 48642. apabila Anda mengetahui adanya pemasok lain, harap diinformasikan kepada Kantor Pusat ASTM Internasional. Saran Anda akan mendapat perhatian sebaik-baiknya di dalam rapat *responsible technical committee*¹, yang dapat Anda hadiri.

* Ringkasan Perubahan diberikan pada akhir standar ini.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D02 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.07 on Flow Properties. Current edition approved Oct. 1, 2010. Published November 2010. Originally approved in 1987. Last previous edition approved in 2009 as 4683–09. DOI: 10.1520/D4683-10.

² The sole source of supply of the apparatus known to the committee at this time is Tannas Co., 4800 James Savage Rd., Midland, MI 48642. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee¹, which you may attend.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.



1.5 Aplikasi metode uji ini untuk produk petroleum selain minyak lumas mesin belum ditetapkan, masih dalam persiapan sebagai informasi viskometrik.

1.6 Nilai-nilai dinyatakan dalam satuan SI yang disetujui sebagai standar. Tidak ada satuan lain dalam pengukuran disertakan dalam standar ini.

1.6.1 Metode uji ini menggunakan *milliPascal. second* (mPa.s) sebagai satuan viskositas. Satuan ini setara dengan centipoise (cP).

1.7 *Standar ini tidak mencakup semua hal mengenai keselamatan yang terkait dengan penggunaannya. Menjadi tanggung jawab pengguna standar ini untuk mengadakan latihan keselamatan dan kesehatan kerja yang tepat dan memastikan penerapan batas-batas peraturan sebelum digunakan.*

1.5 Application to petroleum products other than engine oils has not been determined in preparing the viscometric information for this test method.

1.6 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.6.1 This test method use the milli Pascal.second (mPa.s) as the unit of viscosity. This unit is equivalent to the centipoise (cP)

1.7 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2 Acuan normatif

2.1 Standar ASTM:³

D4741, *Test Method for Measuring Viscosity at High Temperature and High Shear Rate by Tapered-Plug Viscometer*

D5481, *Test Method for Measuring Apparent Viscosity at High-Temperature and High-Shear Rate by Multicell Capillary Viscometer*

2 Referenced documents

2.1 ASTM Standards:³

D4741, *Test Method for Measuring Viscosity at High Temperature and High Shear Rate by Tapered-Plug Viscometer*

D5481, *Test Method for Measuring Apparent Viscosity at High-Temperature and High-Shear Rate by Multicell Capillary Viscometer*

3 Istilah dan definisi

3.1 Definisi:

3.1.1 densitas

massa per satuan volume cairan yang diuji. Dalam satuan SI, satuan *densitas* adalah kilogram per meter kubik, tetapi untuk penggunaan yang lebih praktis *submultiple* akan lebih sesuai. Sehingga gram per sentimeter kubik umum digunakan dan ekuivalen dengan 10^3 kg/m^3 .

3 Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 density

mass per unit volume of the test liquid. In SI, the unit of density is the kilogram per cubic metre, but, for practical use, a submultiple is more convenient. Thus, gram per cubic centimeter customarily used and is equivalent to 10^3 kg/m^3 .

³ Untuk referensi Standar ASTM, kunjungi website ASTM www.astm.org, atau hubungi Pelayanan Pelanggan ASTM di service@astm.org. Untuk informasi tentang *Annual Book of ASTM Standards* merujuk ke halaman Ringkasan Dokumen pada website ASTM.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

3.1.2

minyak atau fluida Newtonian

minyak atau cairan yang pada temperatur tertentu menunjukkan viskositas yang konstan pada semua *shear rates* atau *shear stresses*.

3.1.2

Newtonian oil or fluid

oil or liquid that at a given temperature exhibits a constant viscosity at all shear rates or shear stresses.

3.1.3

minyak atau fluida non Newtonian

minyak atau cairan yang menunjukkan viskositas yang bervariasi mengikuti perubahan *shear rates* atau *shear stresses*.

3.1.3

non-Newtonian oil or fluid

oil or liquid that exhibits a viscosity that varies with changing shear stress or shear rate.

3.1.4

shear rate

gradien kecepatan cairan yang mengalir dalam milimeter perdetik per milimeter (mm/s per mm). Satuan SI untuk *shear rate* adalah per detik, s^{-1} .

3.1.4

shear rate

velocity gradient in liquid flow in millimeters per second per millimeter mm/s per mm). The SI unit for shear rate is the reciprocal second, s^{-1} .

3.1.5

shear stress

gaya per satuan luas yang menyebabkan fluida mengalir. Satuan luas yang dimaksud adalah luasan dimana *viscous shear* terjadi.

3.1.5

shear stress

force per unit area causing liquid flow. The unit *area noted* is the area over which viscous shear is being caused.

3.1.6

viskositas

perbandingan antara *shear stress* dan *rate of shear* yang dihasilkan. Kadang-kadang disebut koefisien viskositas dinamik atau viskositas absolut (berlawanan dengan viskositas kinematik). Koefisien ini adalah ukuran hambatan pada cairan untuk mengalir. Dalam SI, satuan viskositas adalah pascal detik (Pa.s), yang lebih sering digunakan adalah satuan milipascal detik (mPa.s), atau dalam sistem Inggris sama dengan 1 centipoise (cP).

3.1.6

viscosity

ratio of applied shear stress and the resulting rate of shear. It is sometimes called the coefficient of dynamic or absolute viscosity (in contrast to kinematic viscosity). This coefficient is a measure of the resistance to flow of the liquid. In the SI the unit of viscosity is the pascal second (Pa.s), often conveniently expressed as millipascal second (mPa.s), or as the English system equivalent, the centipoises (cP).

3.1.6.1

viskositas apparent

viskositas cairan non-Newtonian yang ditetapkan dengan metode uji ini pada *shear rate* dan *shear stress* tertentu.

3.1.6.1

apparent viscosity

viscosity of a non-Newtonian liquid determined by this test method at a particular shear rate or shear stress.

3.1.6.2

viskositas kinematik

hasil perbandingan antara viskositas (dinamik, absolut) dengan densitas cairan. Merupakan ukuran hambatan pada cairan untuk mengalir dimana *shear stress* (gaya yang menyebabkan cairan mengalir) dipengaruhi oleh gravitasi. Nilai viskositas kinematik dipengaruhi oleh viskositas

3.1.6.2

kinematic viscosity

ratio of the viscosity (dynamic, absolute) to the density of the liquid. It is a measure of the resistance to flow of a liquid where the shear stress (force causing flow) is applied by gravity. Kinematic viscosity values are thus affected by both the dynamic viscosity (absolute viscosity) of the liquid and its

dinamik (viskositas absolut) dari cairan dan densitas. Dalam SI, satuan viskositas kinematik adalah meter kuadrat per detik, yang lebih sering digunakan adalah satuan milimeter kuadrat per detik (mm^2/s) dan dinamakan *centiStoke* (cSt).

density. In SI, the unit of kinematic viscosity is the metre squared per second, often conveniently expressed as millimetre squared per second and termed the centiStoke.

3.2 Definisi istilah-istilah khusus untuk standar ini:

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1

minyak kalibrasi dan minyak referensi²

minyak yang digunakan untuk menghasilkan hubungan antara viskositas dan torsi dari TBS pada 150 °C, celah rotor/stator yang sesuai dan viskositas minyak yang tidak diketahui dapat dihitung.

3.2.1

calibration and reference oils²

oils used to establish the viscosity-torque relationship of the TBS Viscometer at 150 °C from which both appropriate rotor/stator gap and the viscosity of an unknown oil is calculated.

3.2.1.1

minyak kalibrasi Newtonian²

minyak Newtonian yang diformulasikan untuk membuat kisaran viskositas lebih lebar sehingga mampu menghasilkan hubungan antara torsi dan viskositas cairan yang diperlukan untuk mengetahui viskositas yang tidak diketahui berdasarkan nilai torsi yang ditunjukkan.

3.2.1.1

Newtonian calibration oils²

Newtonian oils formulated to span a viscosity range suitable for generating the torque-viscosity relationship necessary to calculate the viscosity of unknown liquids from their indicated torque values.

3.2.1.2

minyak referensi non Newtonian²

minyak yang diformulasikan secara khusus dan sangat penting untuk metode uji ini untuk menghasilkan nilai viskositas *apparent* pada *shear rate* dan *shear stress* yang diinginkan.

3.2.1.2

non-Newtonian reference oil²

oil specially formulated and critical to this test method which produces a selected value of apparent viscosity at a desired shear rate or shear stress.

3.2.1.3

minyak referensi Newtonian²

minyak Newtonian yang diformulasikan secara khusus yang memiliki viskositas yang sama pada 150 °C seperti minyak *non-Newtonian* pada 3.2.1.3.

3.2.1.3

Newtonian reference oil²

specially formulated Newtonian oil that has the same viscosity at 150 °C as the non-Newtonian reference oil of 3.2.1.3.

3.2.2

filter

filter khusus untuk menghilangkan partikel dari minyak uji yang diinjeksikan yang mungkin dapat merusak permukaan antara rotor dan stator.

3.2.2

filter²

special filter for removing particles from the injected test oil that might damage the rotor-stator interface.

3.2.3

idling oil²

minyak *Newtonian* yang stabil terhadap oksidasi diinjeksikan ke dalam sel

3.2.3

idling oil²

oxidatively stable Newtonian oil injected into the operating viscometer cell when the

viskometer ketika instrumen beroperasi lebih dari 20 menit sampai dengan 2 minggu tanpa penggantian.

instrument is likely to be operating for more than 20 min and up to two weeks without further replacement.

3.2.3.1 Diskusi — Penggunaan *idling oil* ini untuk mencegah terbentuknya endapan pada stator yang berasal dari sampel, yang mungkin mulai terurai setelah dioperasikan lebih dari 20 menit pada 150 °C dalam viscometer dan memungkinkan TBS beroperasi secara terus menerus tanpa harus mematikan instrumen.

3.2.3.1 Discussion—Use of this oil prevents formation of stator deposits from the liquid, which may begin to decompose after exposure times greater than 20 min at 150 °C in the operating viscometer and permits continuous operation of the TBS viscometer without the need to shut the instrument off.

3.2.4

mikrometer mekanis atau digital

peralatan mekanik atau elektronik untuk mengukur posisi rotor viskometer TBS dalam stator.

3.2.4

mechanical or digital micrometer

mechanical or electronic device to measure the position of the TBS viscometer rotor in the stator.

3.2.4.1 Diskusi—Pembacaan mikrometer mekanik akan naik seiring dengan bertambahnya kedalaman rotor. Mikrometer digital berinteraksi dengan program viskometer TBS.

3.2.4.1 Discussion — Mechanical micrometers increase readings with rotor depth. Digital micrometers interact with the TBS viscometer programs.

3.2.5

reciprocal torque, $1/T$

nilai kebalikan dari torsi yang dihasilkan viscometer TBS yang ditunjukkan pada panel (konsol) atau komputer tergantung pada apakah viscometer dioperasikan pada mode manual atau otomatis.

3.2.5

reciprocal torque, $1/T$

value of the inverse of the torque generated by the TBS viscometer which torque is indicated on the console or computer depending on whether the viscometer is being used in the manual or automated mode.

3.2.6

reciprocal torque intersection, $1/T_i$

posisi rotor pada mikrometer dinyatakan dengan titik potong antara dua garis lurus. Ini dihasilkan oleh *reciprocal indicated torque* terhadap ketinggian rotor untuk *non-Newtonian* NNR-03 dan *Newtonian* R-400. Titik potong menyatakan ketinggian rotor saat sel rotor/stator menghasilkan *shear rate* $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$

3.2.6

reciprocal torque intersection, $1/T_i$

rotor position on the micrometer defined by the intersection of two straight lines. These are generated by the reciprocal indicated torque versus rotor height for the non-Newtonian NNR-03 and the Newtonian R-400. The intersection indicates the rotor height at which the rotor/stator cell will generate $1.0 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate.

3.2.7

reciprocal torque intersection, $1/T_j$

posisi rotor *shear rate* yang diinginkan ditunjukkan oleh mikrometer pada titik potong dari dua garis lurus yang dihasilkan dari metode *Reciprocal Torque Intercept* (lihat 10.1.4 dan Lampiran A2) dengan menggunakan minyak referensi *Newtonian* pada 3.2.1.2 dan minyak referensi *non-Newtonian* pada 3.2.1.3.

3.2.7

reciprocal torque intersection, $1/T_j$

desired shear rate rotor position indicated by the micrometer at the intersection of two straight lines generated by the Reciprocal Torque Intercept Method (see 10.1.4 and Annex A2) using both the Newtonian reference oil of 3.2.1.2 and the non-Newtonian reference oil of 3.2.1.3.

3.2.7.1 Diskusi—Sekumpulan nilai *reciprocal torque* yang diperoleh pada beberapa ketinggian rotor untuk kedua jenis minyak referensi berupa persamaan linier dimana perpotongannya menyatakan posisi ketinggian rotor pada *shear rate* yang dipilih. Untuk metode uji ini shear rate adalah $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$.

3.2.8 ketinggian rotor (posisi rotor)

posisi vertikal rotor relatif terhadap stator diukur dengan mikrometer mekanik atau elektronik (lihat subpasal 3.2.4) tergantung pada model TBS.

3.2.8.1 Diskusi—Untuk viscometer TBS yang dilengkapi dengan mikrometer mekanik (Model 400, 450, 500, 600 dan SS) pembacaan micrometer naik ketika ketinggian rotor turun dan hampir bersentuhan dengan stator. Untuk viskometer TBS yang dilengkapi dengan mikrometer elektronik (Model 2100 E dan 2100 EF) pembacaan micrometer naik seiring dengan naiknya rotor.

3.2.9 *rubbing contact position*

ketinggian rotor ditentukan saat *tapered rotor* masuk dan bersentuhan dengan stator yang berbentuk sama.

3.2.10 stored position of rotor height

posisi rotor dengan ketinggian 0,50 mm di atas posisi *rubbing contact* (lihat 3.2.9) pada saat instrument dimatikan.

3.2.11 minyak uji

setiap minyak yang viskositas *apparent* nya akan ditetapkan dengan metode uji ini.

4 Ringkasan metode uji

4.1 Motor menggerakkan *tapered* rotor yang terpasang pas di bagian dalam stator yang berbentuk sama pada celah rotor-stator yang diperoleh dari metode *Reciprocal Torque Intersection* untuk menghasilkan $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ pada 150°C ,

3.2.7.1 Discussion—A series of reciprocal torque values obtained at several rotor heights on both oils give linear equations whose intersection establishes the desired rotor height position for operation at a chosen shear rate. For this test method the shear rate is $1.0 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$.

3.2.8 rotor height (rotor position)

vertical position of the rotor relative to the stator and measured by a mechanical or electronic micrometer (see 3.2.4) depending on the Model TBS.

3.2.8.1 Discussion—For those TBS viscometers equipped with a mechanical micrometer (Models 400, 450, 500, 600 and SS) the rotor height decreases and approaches contact with the stator with increasing indicated values on the micrometer. For those TBS viscometers equipped with electronic micrometers (Models 2100 E and 2100 EF) the rotor height increases with increasing indicated values.

3.2.9 *rubbing contact position*

rotor height determined when the tapered rotor is brought into slipping contact with the similarly tapered stator.

3.2.10 stored position of rotor height

rotor position with the rotor 0,50 mm above the *rubbing contact* position (see 3.2.9) when the instrument is shut down.

3.2.11 test oil

any oil for which the apparent viscosity is to be determined by this test method.

4 Summary of test method

4.1 A motor turns a tapered rotor closely fitted inside a matched tapered stator at a rotor-stator gap found by the Reciprocal Torque Intersection Method to provide $1.0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ at 150°C , which are the test conditions of this test method. When this

merupakan kondisi uji dari metode uji ini. Pada saat kondisi operasi ini tercapai, minyak yang diuji dimasukkan ke dalam celah antara rotor yang berputar dengan stator yang diam secara langsung oleh analisis atau secara tidak langsung dengan injeksi otomatis. Saat cairan yang diuji diinjeksikan, rotor akan mengalami torsi reaktif atas hambatan cairan untuk mengalir (*viscous friction*) dan besar respon torsi ini menentukan viskositas *apparent*.

operating condition is established, test oils are introduced into the gap between the spinning rotor and stationary stator either directly by the operator or indirectly by automated injection. When a test liquid is injected, the rotor experiences a reactive torque to the liquid's resistance to flow (*viscous friction*) and this torque response level is used to determine the apparent viscosity.

5 Arti dan kegunaan

5.1 Viskositas pada *shear rate* dan temperatur dalam metode uji ini menunjukkan ada hubungannya dengan viskositas yang menghasilkan pelumasan hidrodinamik dalam mesin otomotif dan mesin dengan tugas berat pada kondisi berat⁴.

5.2 Viskositas minyak lumpur mesin pada temperatur dan *shear rate* tinggi juga ada kaitannya dengan efisiensi bahan bakar dan pentingnya *shear rate* yang tinggi, viskositas pada temperatur tinggi telah disampaikan dalam sejumlah publikasi dan presentasi⁴.

5 Significance and use

5.1 Viscosity values at the shear rate and temperature of this test method have been indicated to be related to the viscosity providing hydrodynamic lubrication in automotive and heavy duty engines in severe service⁴.

5.2 The viscosities of engine oils under such high temperatures and shear rates are also related to their effects on fuel efficiency and the importance of high shear rate, high temperature viscosity has been addressed in a number of publications and presentations⁴.

6 Peralatan

6.1 *Viscometer-Tapered Bearing Simulator (TBS)*²—Viskometer yang telah dipatenkan terdiri dari motor disambungkan secara langsung dengan *tapered rotor* terpasang pas di bagian dalam stator yang berbentuk sama (lihat Gambar 1). Reaksi torsi dari rotor terhadap cairan di dalam sel diukur dan digunakan untuk menghitung viskositas.

6 Apparatus

6.1 *Tapered Bearing Simulator-Viscometer (TBS)*²—A patented viscometer consisting of a motor directly connected to a slightly tapered rotor that fits into a matched tapered stator (see Fig. 1). The reaction torque of the rotor to the liquid in the cell is measured and used to calculate viscosity.

⁴ Untuk pengkajian menyeluruh, lihat "The Relationship Between High-Temperature Oil Rheology and Engine Operations," Seri Publikasi Data ASTM 62.

⁴ For a comprehensive review, see "The Relationship Between High-Temperature Oil Rheology and Engine Operations," ASTM Data Series Publication 62.

Beberapa model viskometer TBS digunakan (lihat Lampiran A1 untuk informasi dan gambar dari model terakhir). Semua model TBS mampu untuk menganalisa minyak yang diuji pada temperatur mulai dari 40 °C sampai 200 °C, tetapi untuk model sebelumnya kisaran viskositas bagian atasnya lebih terbatas.

6.1.1 Stator diletakkan di dalam rumahnya yang terisolasi dijaga agar tidak dapat bergerak sedangkan motor dan rotor yang berhubungan masing-masing di set di atas dan di dalam stator, *cantilevered platform* yang menempel pada *elevator* mekanik dapat bergerak vertikal secara manual atau digerakkan oleh program komputer menggunakan *stepper motor* untuk merubah ketinggian *platform* (lihat Lampiran A1).

6.1.2 Gaya tahan minyak uji ditransfer ke *loadcell* yang mengukur torsi yang dibutuhkan untuk memutar rotor pada kecepatan yang dipilih. Pada viskometer TBS model sebelumnya beroperasi pada 3500 atau 3600 r/menit tergantung pada frekuensi tegangan masuk. Model yang lebih baru (2100 E, 2100 EF) dilengkapi dengan fasilitas untuk beroperasi lebih dari 1 kecepatan yang memungkinkan operator memilih beberapa *shear rate* dengan kombinasi celah rotor-stator dan kecepatan rotor.

CATATAN 1 Teknik ini berlaku untuk seluruh model viskometer TBS, manual, semi-otomatis, dan otomatis.

6.2 Tiga model viskometer TBS (Model 500, 2100 E, dan EF) dapat dilihat pada Lampiran A1 dan daerah operasi viskositas, mode pendinginan, dan temperatur terdapat pada Tabel A1.1.

CATATAN 2 Model TBS 400, 450, 500, 600, dan SS menggunakan *bouncer* untuk menyiapkan *loadcell* membaca torsi kecuali bila saat menentukan *Reciprocal Torque Intercept* (versi semi-otomatis Model 500 secara otomatis menerapkan *bouncer* pada titik operasi sebagai bagian dari program). Model 2100 E dan 2100 EF tidak memerlukan teknik *bouncer* karena tidak memiliki *turntable bearings*².

Several models of the TBS Viscometer are in use (see Annex A1 for information and pictures of later models). All TBS models are capable of analyzing test oils at temperatures from 40 °C to 200 °C, but earlier models were more limited in their upper viscosity range.

6.1.1 The stator enclosed within its insulated housing is held immobile while the motor and the connected rotor are set above and within the stator, respectively, on a cantilevered platform attached to a mechanical elevator that can be moved vertically either manually or by a computer program using a stepper motor to change the platform height (see Annex A1).

6.1.2 The resistive force of the test oil is transferred to a load cell that measures the torque required to turn the rotor at the speed selected. Earlier models of the TBS viscometer operated at 3500 or 3600 r/min depending on the frequency of the supplied voltage. Later models (2100 E, and 2100 EF) have been equipped to operate at multiple speeds which allow the operator to produce a series of shear rates variable by choice of the combination of initial rotor-stator gap and rotor speed.

NOTE 1 This technique applies to all TBS viscometer models, manual, semi-automated, and fully automated.

6.2 Three models of the TBS Viscometer (Models 500, 2100 E, and EF) are shown in Annex A1 and have the operating viscosities, cooling modes, and temperatures given in Table A1.1.

NOTE 2 TBS Models 400, 450, 500, 600, and SS use a so-called *bouncer* to prepare the load cell for taking a torque reading except when determining the Reciprocal Torque Intercept. (The semi-automated version of Model 500 automatically applies the bouncer at the appropriate point of operation automatically as part of its program.) Models 2100 E and 2100 EF do not require the bouncer technique, since neither has turntable bearings.²

6.3 Sistem otomatis dan semi-otomatis untuk program kalibrasi, injeksi, dan analisa data—Program otomatis viskometer TBS mensimulasi metode manual. Viskometer TBS yang diprogram maupun viskometer TBS manual menghasilkan data yang mendukung metode uji ini.

6.4 Cooling systems—seperti terlihat pada Tabel A1.1, sebagai tambahan dari radiasi dan konveksi kalor secara alami dari stator, dua sistem pendingin stator tersedia untuk viscometer TBS tergantung pada cairan uji yang akan dianalisa. Rumah stator dirancang untuk setiap jenis sistem pendingin.

6.5 Injeksi sampel—Injeksi sampel tergantung pada cara viskometer TBS dioperasikan. Pada mode manual, injeksi sampel dengan gelas ukuran 50 mL yang dapat digunakan kembali atau *syringes* plastik sekali pakai yang dilengkapi dengan sambungan *Luer lock* yang sesuai dengan ujung pipa pengisian. Pada semi-otomatis dan otomatis, saluran pengisian dari autosampler dihubungkan ke pipa pengisian menggunakan *Luer lock*.²

6.6 Rangkaian filter—Tempat filter, dapat dibongkar, terdiri dari 5 piringan filter berukuran 10 mikron atau sebuah *filter cartridge*² sekali pakai terletak diantara alat suntik (atau saluran *autosampler*) untuk menginjeksikan minyak uji dan pipa pengisian stator, untuk menghilangkan partikel-partikel yang dapat merusak sel rotor/stator.

CATATAN 3 Lihat Buku Petunjuk untuk mengetahui frekuensi penggantian *filter cartridge*, khususnya untuk minyak lumpur mesin bekas.

6.7 Peralatan perekam data—Lihat Buku Petunjuk untuk model viskometer.

7 Bahan

7.1 Minyak kalibrasi²—adalah minyak *Newtonian* dengan viskositas dinamik pada temperatur 150 °C yang diketahui (lihat 3.2.1). Pada Tabel 1 terlihat nilai viskositas dinamik untuk 8 minyak *Newtonian*, R-100

6.3 Automated and semi-automated systems for calibration, injection, and data analysis programs—Automated programs for the TBS Viscometer simulate the manual method. Programmed as well as manually operated TBS Viscometers were used in producing the data supporting this test method.

6.4 Cooling systems—As shown in Table A1.1, in addition to natural radiation and convection of heat from the stator, two stator cooling systems are available for TBS Viscometers depending on the viscosity of test liquid to be analyzed. A stator housing is designed for each type of cooling system.

6.5 Sample injection—Sample injection depends on the manner in which the TBS viscometer is operated. In manual mode, sample injection is with either re-usable 50-mL glass or disposable plastic syringes equipped with Luer lock connections fitting the tip of the filling tube. In semi-and fullyautomated mode, the filling line from the autosampler is connected by a Luer lock fitting to the filling tube.²

6.6 Filter assembly—A filter holder, able to be disassembled, containing five nominal 10 micron filter discs or a one piece discardable filter cartridge² is interposed between the syringe (or autosampler line) injecting the test oil and the stator filling tube to remove particles capable of damaging the rotor/stator cell.

NOTE 3 Refer to the Owner's Manual for frequency of changing filter cartridges, particularly with used engine oil.

6.7 Data recording equipment—Refer to the Owner's Manual for the viscometer model.

7 Materials

7.1 Calibration oils²—These are Newtonian oils of known dynamic viscosity at 150 °C (see 3.2.1). Table 1 shows the dynamic viscosity values of eight Newtonian oils, R-100 to R-600, which are available from

sampai R-600, yang tersedia dari pabrik viskometer TBS dan diterangkan dalam Buku Petunjuk.

7.2 Minyak referensi non-Newtonian — minyak referensi ini diperlukan untuk menyetel celah rotor/stator sebesar $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate* (lihat 3.2.1.3). Viskositas *apparent* minyak referensi *non-Newtonian*, NNR-03 digunakan pada metode uji ini pada 150°C diberikan di Tabel 1 dan setara dengan viskositas R-400 keduanya 3,55 mPa.s (lihat 3.2.1.2).

7.3 *Idling oil* — Lihat 3.2.3 dan Buku Petunjuk untuk informasi dan penggunaannya.

7.4 Pelarut — Seperti VarClean² digunakan untuk menghilangkan *varnish* dan endapan pada permukaan rotor/stator setelah pemakaian yang lama. Ikuti instruksi dari pabrik dalam Buku Petunjuk viskometer TBS.

7.5 Gas pendingin untuk pengatur temperatur—Apabila gas dipilih sebagai pendingin stator, diperlukan sumber udara atau nitrogen yang bersih dan kering dengan tekanan sedang ($<100 \text{ psi}$). Gas kering diperlukan untuk mencegah uap air masuk ke rumah stator. Laju alir ke stator dikontrol dengan flowmeter pada sisi kiri panel depan (lihat Lampiran A1, Gambar A1.1, dan Gambar A1.3).

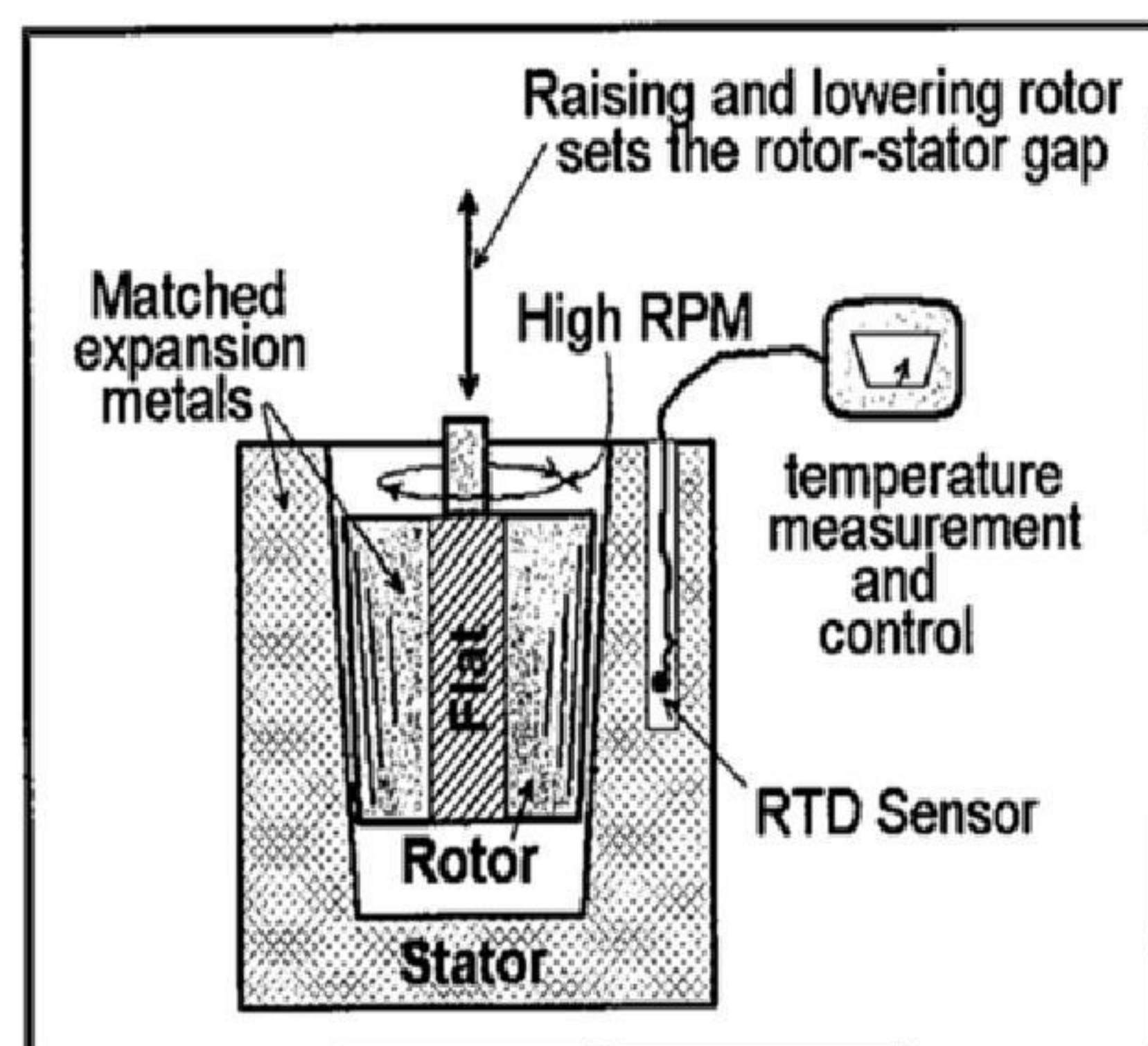
the manufacturer of the TBS Viscometer and described in the Owner's Manual.

7.2 Non-Newtonian reference oil—This reference oil is essential in setting the rotor/stator gap to $1,0 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate (see 3.2.1.3). The nominal apparent viscosity of non-Newtonian Reference Oil, NNR-03 used in applying this test method at 150°C is given in Table 1 and is matched to the viscosity of R-400 both held closely to 3,55 mPa.s (see 3.2.1.2).

7.3 Idling oil—See 3.2.3 and the Owner's Manual for information and use.

7.4 Solvent—Such as VarClean² used to remove any varnish and deposits on the rotor/stator surfaces after extended use. Follow manufacturer's instructions in the Owner's Manual for use in the TBS viscometer.

7.5 Cooling gas for temperature control—If gas is chosen to cool the stator, a source of moderate pressure ($<100 \text{ psi}$) clean, dry air or nitrogen is required. Use of a dry gas is required to keep moisture from entering the stator housing. Flow rate to the stator is controlled by a flowmeter on the left side of the console's front panel (see Annex A1, Fig. A1.1, and Fig. A1.3).



Gambar 1 - Matched tapered stator
FIG. 1 - Matched tapered stator

8 Pengambilan sampel

8.1 Dipersyaratkan sampel harus mewakili dan homogen, khususnya sampel minyak lumas mesin bekas karena partikel-partikel dapat mengendap di dasar wadah. Sampel yang homogen diperoleh dengan mengocok kuat-kuat dan teknik pencampuran (lihat Buku Petunjuk).

CATATAN 4 Sekalipun sampel itu minyak baru, dianjurkan untuk mengaduk secara perlahan menggunakan pengaduk atau membolak-balikan wadah beberapa kali.

8 Sampling

8.1 A representative, homogeneous sample of the oil is required, particularly with used engine oil in which particles may have settled to the bottom of the container. Such homogeneous samples are obtained by vigorous agitation and mixing techniques (see Owner's Manual).

NOTE 4 It is recommended that even fresh sample be mixed by gentle stirring or inverting the closed container several times.

Tabel 1 - Viskositas minyak referensi nominal pada temperatur 150 °C

Minyak Referensi	R-100	R-200	R-300	R-350	R-400	R-450	R-500	R-600	NNR-03
Viskositas, mPa·s	-1,2	-1,5	-1,8	-2,7	-3,55	-4,1	-5,0	-7,7	-3,55 ^A

^A Nilai *shear rate* $1.0 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$

Table 1 - Nominal reference oil viscosities at 150.0 °C

Reference Oil	R-100	R-200	R-300	R-350	R-400	R-450	R-500	R-600	NNR-03
Viscosity, mPa·s	-1,2	-1,5	-1,8	-2,7	-3,55	-4,1	-5,0	-7,7	-3,55 ^A

^A Value at $1.0 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate

8.2 Lima puluh milliliter sampel minyak baru atau bekas yang telah dihomogenisasi dimasukkan ke dalam *syringe* 50 mL atau ke dalam tabung sampel dari peralatan pengambilan sampel otomatis.

8.3 Lima puluh milliliter sampel tersebut diinjeksikan secara manual atau peralatan pengambilan sampel otomatis melalui *filter disc* 10-μ pada pipa pengisian viskometer (lihat subpasal 6.6).

8.2 Fifty millilitres of a representative sample of the homogenized fresh or used engine test oil is drawn into a 50-mL syringe or into the sampling tubes of the auto-sampling apparatus.

8.3 The 50-mL sample is injected either by hand or by the auto-sampling apparatus through the special 10-μ filter disc on the viscometer's filling tube (see 6.6).

9 Persiapan peralatan

9.1 Pilih dan setel mode pendinginan stator—Tanpa gas, gas, gas yang didinginkan, atau *liquid mantle*, berdasarkan buku petunjuk dari pabrik.

9.2 Periksa ketelitian *RTD* (*Resistance Thermometric Device*) seperti dalam Buku Petunjuk dan bila perlu buatlah sedikit *offset* dari *temperature controller* agar dapat mencapai 100,0°C (*temperature alignment* harus diperiksa sekurang-kurangnya sekali

9 Preparation of apparatus

9.1 *Choose and set up stator cooling mode*—None, gas, cooled gas, or liquid mantle, in accordance with the manufacturer's directions in the Owner's Manual.

9.2 Check the accuracy of the *RTD* (*Resistance Thermometric Device*) as directed in the Owner's Manual and, if necessary, make whatever slight temperature offset is needed for the temperature controller to bring the readout

dalam setahun).

to 100,0 °C (the latter alignment of temperature should be checked at least once per year).

9.3 Apabila viskometer TBS ini sudah dimatikan selama 1 minggu atau lebih—Pastikan bahwa rotor dan stator masih dapat beroperasi untuk menghasilkan $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate*.

9.3 If the tbs viscometer has been turned off for a week or more—It is necessary to ensure that the viscometer rotor and stator are still operating to provide $1,0 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate.

9.3.1 Ikuti buku petunjuk dari pabrik tentang tata cara penyetelan dan *alignment* rotor di dalam stator dan penentuan *stored position* rotor dengan menentukan *rubbing contact* diikuti dengan menaikan rotor ke ketinggian yang ditunjukkan dari *rubbing contact*.

9.3.1 Follow the manufacturer's instructions in the Owner's Manual regarding set-up and alignment of the rotor in the stator and the determination of the *stored position* of the rotor by determining *rubbing contact* followed by raising the rotor to the indicated height from *rubbing contact*.

9.3.2. Matikan alat dan lanjutkan ke 9.4.1.

9.3.2 Shut power off and go to 9.4.1

CATATAN 5 Petunjuk untuk persiapan viskometer *Tapered Bearing Simulator* dan *console* disertakan bersama alat ini. Salah satu petunjuk yang paling penting harus diikuti adalah *alignment* rotor dan stator sebelum penggunaan pertama kali. Untuk model TBS (selain model 2100 EJ) memerlukan inspeksi, kebersihan dan histéresis yang rendah dari bantalan juga penting untuk memperoleh data yang dapat diandalkan.

NOTE 5 Directions for preparation of the Tapered Bearing Simulator viscometer and console are supplied with the equipment. One of the most important directions to be followed is the alignment of the rotor and stator before initial use of the viscometer. For those TBS Models (other than Model 2100) EJ requiring bearing inspection, bearing cleanliness and low levels of bearing hysteresis are also important to obtaining reliable data.

CATATAN 6 Untuk model viskometer TBS yang menggunakan bantalan bola untuk menunjang motor platform (seluruh model kecuali model 2100 E dan 2100 EF yang tidak menggunakan bantalan). Histéresis bantalan harus diperiksa setiap beberapa bulan berdasarkan Buku Petunjuk dan apabila nilai kenaikan dan penurunan torsi dalam analisa histéresis ini berbeda cukup besar (~2%), bantalan harus dibersihkan dan kemudian diperiksa ulang dengan tata cara pengukuran histéresis yang sama.

NOTE 6 For those TBS viscometer models using ball bearings to support the motor platform (all but Models 2100 E and 2100 EF which have no bearings), bearing hysteresis should be checked every few months according to the Owner's Manual and if the values of increasing and decreasing torque by this hysteresis analysis are significantly different (~2%), the bearing should be cleaned and then re-checked by the same measurement method for hysteresis.

9.4 Apabila viskometer TBS ini sudah dimatikan dalam waktu relatif singkat—(lebih dari 1 jam, tetapi kurang dari 1 minggu):

9.4 if the tbs viscometer has been turned off for a relatively short time—(More than 1 h, but less than a week):

9.4.1 Pastikan sakelar motor pada posisi OFF saat menghidupkan sakelar utama.

9.4.1 Make sure the motor switch is in *off* position then turn on the main switch.

CATATAN 7 Matikan sakelar motor sebelum menghidupkan sakelar utama untuk mencegah patahnya *flexible shaft* yang menghubungkan motor dan rotor.

NOTE 7 Turning the motor switch off before turning the main switch on prevents breakage of the flexible shaft connecting the motor and rotor.

9.4.2 Injeksikan secara perlahan (~2 mL/s) 50 mL R-400 ke dalam stator sambil tetap memutar rotor perlahan-lahan di antara ibu jari dan jari telunjuk menggunakan bagian atas *Siamese collet* yang menghubungkan poros motor dengan *drive wire*.

9.4.3 Tempatkan rotor pada *stored position* (lihat 9.3.1 dan Buku Petunjuk).

9.4.4 Setel temperatur pada 150,0 °C, pada saat temperatur sel rotor/stator mencapai 140 °C, nyalakan motor dan tunggu sampai temperatur sel tidak berubah lagi pada (150,0 ± 0,1) °C selama 1 jam sebelum melanjutkan analisa.

9.5 Apabila viskometer TBS telah beroperasi pada 150 °C—Lanjutkan ke Pasal 12, kecuali diperlukan re-kalibrasi.

9.5.1 Apabila diperlukan re-kalibrasi, lanjutkan ke Pasal 11.

10 Menetapkan posisi operasi rotor untuk *shear rate* sebesar $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$

CATATAN 8 Apabila posisi rotor telah ditetapkan, lanjutkan ke subpasal 11.1

10.1 Metode Viskometer TBS Manual:

10.1.1 Mengaktifkan *Console*—Pastikan bahwa sakelar motor pada *console* dalam posisi *off*. Kemudian putar sakelar utama ke posisi *on* selama 1 jam untuk memberi kesempatan agar rangkaian elektronik mencapai keseimbangan pada kondisi *stand-by* sebelum melanjutkan ke kalibrasi viskometer TBS.

10.1.2 Pengisian sel uji—Apabila tidak ada minyak dalam sel uji, injeksikan 50 mL minyak referensi R-400 secara perlahan-lahan (~2 mL/s) ke dalam sel uji dan lanjutkan dengan menetapkan *stored position* rotor sebagaimana dijelaskan pada 9.3.1.

10.1.3 Naikkan temperatur sel ke 150 °C dan biarkan sampai sel rotor-stator stabil.

10.1.4 Menentukan posisi operasi—Gunakan metode *Reciprocal Torque*

9.4.2 Slowly (~2 mL/s) inject 50 mL of R-400 into the stator while also slowly turning the rotor between the thumb and forefinger using the upper portion of the *Siamese collet* connecting the motor shaft and the drive wire.

9.4.3 Place the rotor in the *stored position* (see 9.3.1 and Owner's Manual).

9.4.4 Set the desired temperature to 150,0 °C when the rotor/stator cell temperature reaches about 140 °C, turn on the motor and wait until the cell temperature settles at (150,0 ± 0,1) °C for 1 h before proceeding with analysis.

9.5 If the TBS Viscometer has been Operating at 150 °C—Proceed to Section 12, unless recalibration is desired.

9.5.1 If recalibration is desired, proceed to Section 11.

10 Establishing operating position of the rotor for $1.0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate

NOTE 8 If the rotor position has already been established, proceed to 11.1.

10.1 Manual TBS viscometer method:

10.1.1 Activating the Console—Confirm that the motor switch on the console is in the *off* position. Then turn the main Power switch to the *on* position for 1 h to permit the electronic circuits to come to equilibrium in this stand-by condition before proceeding to calibrate the TBS viscometer.

10.1.2 Test cell filling—If there is no oil in the test cell, slowly inject (~2 mL/s) 50 mL of Reference Oil R-400 in the test cell and proceed with the determination of the so-called *stored position* of the rotor as described in 9.3.1.

10.1.3 Bring the cell temperature to 150 °C and allow the rotor-stator cell to stabilize.

10.1.4 Determination of operating position—Use the Reciprocal Torque Intersection

Intersection dalam Buku Petunjuk untuk menyetel celah rotor-stator sebesar $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate* Untuk mengetahui lebih jauh tentang dasar persamaan yang digunakan oleh program dalam pengoperasian semi-otomatis dan otomatis, lihat Lampiran A2.

Method in the Owner's Manual for setting the rotor-stator gap for $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate. For more understanding of the basis of the equations used by the program to obtain semi- and full-automated operation, see Annex A2.

11 Kalibrasi viskositas untuk viskometer TBS

11 Viscosity calibration of TBS viscometer

11.1 Metode manual:

11.1 Manual method:

11.1.1 Setel posisi rotor tepat seperti yang ditetapkan dalam 10.1.4 dan pastikan alat sudah dihidupkan sekurang-kurangnya selama 1 jam.

11.1.1 Set rotor position exactly to that determined in 10.1.4 and make sure the unit is warmed up for at least 1 h.

CATATAN 9 Apabila diinginkan, periksa ulang atau setel ulang posisi rotor pada $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate* berdasarkan Buku Petunjuk.

NOTE 9 If desired, recheck or readjust rotor position at $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate according to the Owner's Manual.

CATATAN 10 Rotor dan stator berekspansi dengan lambat setelah viskometer TBS dihidupkan menimbulkan sedikit perubahan posisi rotor dari yang ditetapkan sebelumnya yaitu $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate*, oleh karena itu alangkah baiknya memeriksa kembali posisi rotor dan lakukan sedikit pengaturan apabila diperlukan.

NOTE 10 Slow expansion of the rotor and stator after start up of the TBS Viscometer may slightly change the originally determined position of the rotor at $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate and it is, thus, prudent to recheck the rotor position and to make slight adjustments if necessary.

11.1.2 Kalibrasi sel viskometer TBS dengan memeriksa kembali posisi rotor yang tepat untuk menghasilkan $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate*:

11.1.2 Calibration of the TBS viscometer cell with confirming recheck of the operationally correct rotor position to generate $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate:

11.1.2.1 Injeksikan minyak referensi *Newtonian* R-200 perlahan-lahan $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate*: dan tunggu sampai tercapai keseimbangan antara torsi/temperatur (lihat Catatan 15). Tekan tombol *bouncer* sesaat (hanya untuk model lama dan 400 sampai 600 dan SS) setelah keseimbangan torsi/temperatur tercapai, biarkan nilai torsi stabil dan catat.

11.1.2.1 Inject Newtonian Reference Oil R-200 slowly $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate: and wait until torque/temperature equilibrium is obtained (see Note 15). Use the Bouncer button briefly (only for older Models 400 through 600 and SS) after torque/temperature equilibrium, allow the torque value to stabilize, and record the torque value.

11.1.2.2 Ulangi 11.1.2.1 dengan minyak referensi *Newtonian* R-450.

11.1.2.2 Repeat 11.1.2.1 with Newtonian Reference Oil R-450.

11.1.2.3 Ulangi langkah 11.1.2.1 dengan minyak referensi *Non-Newtonian* NNR-03.

11.1.2.3 Repeat 11.1.2.1 with Non-Newtonian Reference Oil NNR-03.

11.1.2.4 Gunakan viskositas minyak referensi *Newtonian* R-200 dan R-450 yang sudah diketahui dan nilai torsi dari 11.1.2.2

11.1.2.4 Use the known viscosities of Newtonian Reference Oils R-200 and R-450

dan 11.1.2.3, secara perhitungan akan diperoleh nilai kemiringan m , dan nilai perpotongan b dari persamaan yang diberikan dari 2 pasang nilai yang terbaca pada *console* sebagai variabel τ_c dan viskositas sebagai variabel η , Persamaan 1.

$$\eta = m \cdot \tau_c + b$$

(1)

CATATAN 11 Rumus aljabar untuk mendapatkan m (nilai kemiringan) dan b (nilai perpotongan)

$$m = (\eta_{R-450} - \eta_{R-200}) / (\tau_{cR-450} - \tau_{cR-200})$$

dan

$$bv = (\eta_{R-450} - \eta_{R-200}) - [(\eta_{R-450} - \eta_{R-200}) / (\tau_{cR-450} - \tau_{cR-200})]$$

11.1.2.5 Masukkan angka torsi yang diperoleh dari minyak referensi NNR-03 ke dalam Persamaan 1, hitung viskositasnya dan bandingkan dengan viskositas pada label kemasan NNR-03.

11.1.2.6 Apabila nilai viskositas yang dihitung untuk NNR-03 berada dalam batas $\pm 1,5\%$ dari nilai pada label kemasan, lanjutkan ke 11.1.3

11.1.2.7 Apabila nilai NNR-03 tidak dalam batas $\pm 1,5\%$ dari nilai pada label kemasan, injeksikan kembali 50 mL R-400 secara perlahan-lahan (~ 2 mL/s) (pertama kali digunakan pada 10.1.4) kemudian tentukan kembali nilai torsi R-400.

11.1.2.8 Gantikan nilai torsi yang baru R-400 untuk nilai yang telah ditetapkan sebelumnya pada 10.1.4, dan tentukan perbandingan nilai torsi NNR-03/R-400 menggunakan NNR-03 data dari 11.1.2.3.

11.1.2.9 Apabila perbandingan torsi NNR-03/R-400 sebesar $1,000 \pm 0,015$, lanjutkan ke 11.1.3 dan lanjutkan kalibrasi sel rotor/stator.

11.1.2.10 Apabila perbandingan torsi NNR-03/R-400 diluar $1,000 \pm 0,015$, kembali ke 10.1.4, setel kembali posisi rotor yang tepat dan lakukan kalibrasi ulang sel rotor/stator dengan mengikuti 11.1.2.1 dan 11.1.2.9.

11.1.2.11 Apabila pengulangan tidak menghasilkan nilai NNR-03 sebesar $1,000 \pm 0,015$ dari nilai pada label kemasan,

and the torque values from 11.1.2.2 and 11.1.2.3 to algebraically calculate the slope, m , and intercept, b , of equation given by these two pairs of values with the torque read from the console as variable τ_c , and viscosity as variable η , in Eq 1.

$$\eta = m \cdot \tau_c + b$$

(1)

NOTE 11 The algebraic formulas for m (slope) and b (intercept) are:

$$m = (\eta_{R-450} - \eta_{R-200}) / (\tau_{cR-450} - \tau_{cR-200})$$

and

$$bv = (\eta_{R-450} - \eta_{R-200}) - [(\eta_{R-450} - \eta_{R-200}) / (\tau_{cR-450} - \tau_{cR-200})]$$

11.1.2.5 Insert the indicated torque value obtained on Reference Oil NNR-03 into Eq 1, calculate its viscosity and compare this to the viscosity on the NNR-03 container.

11.1.2.6 If the viscosity value calculated for NNR-03 is within $\pm 1,5\%$ of the value on its container, proceed to 11.1.3.

11.1.2.7 If the value of NNR-03 is not within $\pm 1,5\%$ of its container value, slowly (~ 2 mL/s) re-inject 50 mL of R-400 (first used in 10.1.4) and redetermine the R-400 torque value.

11.1.2.8 Substitute this new torque value of R-400 for its previously determined value in 10.1.4, and determine the NNR-03/R-400 torque ratio using NNR-03 data from 11.1.2.3.

11.1.2.9 If the NNR-03/R-400 torque ratio is within $1,000 \pm 0,015$, go to 11.1.3 and continue calibration of the rotor/stator cell.

11.1.2.10 If the NNR-03/R-400 torque ratio is again outside of $1,000 \pm 0,015$, return to 10.1.4, re-establish the correct rotor position, and recalibrate the rotor/stator cell by following 11.1.2.1 to 11.1.2.9.

11.1.2.11 If repeated efforts do not produce a value of NNR-03 within $1,000 \pm 0,015$ of the container value, contact the instrument

hubungi pabrik pembuat alat ini.

manufacturer.

11.1.2.12 Apabila perbandingan torsi NNR-03/R-400 sebesar $1,000 \pm 0,015$, dan dalam batas $\pm 1,5\%$ dari nilai pada label kemasan, catat nilai rotor yang baru dan ulangi 11.1.2 dari 11.1.2.1 sampai 11.1.2.9.

11.1.2.12 When the NNR-03/R-400 torque ratio is within $1,000 \pm 0,015$, and the value of NNR-03 is within 1.5% of the container value, record the new setting of the rotor and reinitiate 11.1.2 from 11.1.2.1 to 11.1.2.9.

11.1.3 Lanjutkan kalibrasi 11.1.2:

11.1.3 Continue the calibration of 11.1.2:

11.1.3.1 Injeksikan 50 mL minyak referensi Newtonian R-350 dan R-400 secara berurutan dan perlahan-lahan (~ 2 mL/s). Untuk setiap minyak referensi, apabila model viskometer TBS tertentu mempersyaratkan teknik ini (lihat Catatan 2), gunakan teknik *bouncer* segera setelah keseimbangan antara torsi/temperatur tercapai dan catat nilai torsi untuk setiap minyak referensi.

11.1.3.1 Sequentially and slowly (~ 2 mL/s) inject 50 mL of Newtonian Reference Oils R-350 and R-400. For each reference oil, if the particular Model of TBS viscometer requires this technique (see Note 2), use the Bouncer technique immediately after the torque/temperature equilibrium is attained, and record the torque values for each reference oil.

11.1.3.2 Gunakan viskositas R-200, R-450, (11.1.2.4) dan R-350, dan R-400 dari 11.1.3.1 yang dihitung dari nilai torsi pada $150,0^\circ\text{C}$, turunkan secara linier nilai viskositas dan torsi yang terkait untuk mendapatkan nilai kemiringan (*slope*), nilai perpotongan, dan koefisien korelasi R, yang terkait dengan hubungan yang linier.

11.1.3.2 Using the viscosities calculated from the torque values at $150,0^\circ\text{C}$ for R-200, R-450, (11.1.2.4) and R-350, and R-400 from 11.1.3.1, linearly regress the viscosities and their related torque values to determine the slope, intercept, and Correlation Coefficient, R, related to their linear relationship.

CATATAN 12 Perhitungan persamaan regresi linier dari data yang dikumpulkan dalam 11.1.3.2 adalah:

NOTE 12 The calculation of the linear regression equation from the data gathered in 11.1.3.2 is:

$$Y = m \cdot x + b \quad (2)$$

$$Y = m \cdot x + b \quad (2)$$

Y = viskositas yang diketahui untuk minyak kalibrasi yang digunakan, dan
X = torsi yang diperoleh dengan menggunakan minyak kalibrasi tersebut.

Y = known viscosity of the given calibration oil, and
X = indicated torque obtained by using that calibration oil.

Slope adalah:

Then slope is:

$$m = [\sum XY - (\sum X \cdot \sum Y / N)] / [\sum x^2 - (\sum X)^2 / N] \quad (3)$$

$$m = [\sum XY - (\sum X \cdot \sum Y / N)] / [\sum x^2 - (\sum X)^2 / N] \quad (3)$$

Perpotongan adalah:

and intercept is:

$$b = (\sum Y - m \cdot \sum X) / N \quad (4)$$

$$b = (\sum Y - m \cdot \sum X) / N \quad (4)$$

N = jumlah pasangan data X,Y.

N = number of data pairs of X,Y.

Koefisien korelasi adalah:

The Correlation Coefficient is:

$$R = m \cdot \sigma_x / \sigma_y \quad (5)$$

$$R = m \cdot \sigma_x / \sigma_y \quad (5)$$

σ_x = Standar Deviasi nilai X, dan
 σ_y = Standar Deviasi nilai Y.

σ_x = Standard Deviation of the X values, and
 σ_y = Standard Deviation of the Y values.

11.1.3.3 Ini menghasilkan Persamaan 6, yang digunakan untuk perhitungan viskositas yang tidak diketahui selanjutnya

11.1.3.3 This yields Eq 6, which is used for subsequent calculations of the viscosity of unknown oil, η_u

$$\eta_u = m \cdot \tau_c + b$$

(6)

$$\eta_u = m \cdot \tau_c + b$$

(6)

11.1.3.4 Koefisien korelasi R harus mempunyai nilai $\geq 0,999$, Jika nilainya seperti itu, lanjutkan ke 11.1.4

11.1.3.4 The Correlation Coefficient, R , should result in a value of ≥ 0.999 . If so, proceed to 11.1.4.

11.1.3.5 Apabila nilainya kurang dari 0,999, ulangi 11.1.2 sampai 11.1.3.4.

11.1.3.5 If the value of R is less than 0.999, repeat 11.1.2 through 11.1.3.4.

11.1.3.6 Apabila masih ada masalah untuk mendapatkan Koefisien Korelasi $\geq 0,999$, hubungi pabrik pembuat alat.

11.1.3.6 If there is still a problem in obtaining a Correlation Coefficient $\geq 0,999$, contact the instrument manufacturer.

11.1.4 Kalibrasi sel rotor/stator, pastikan posisi rotor menggunakan minyak referensi Non-Newtonian NNR-03.

11.1.4 Following calibration of the rotor/stator cell, confirm the rotor position using Non-Newtonian Reference Oil NNR-03

11.1.4.1 Injeksikan 50 mL minyak referensi Non-Newtonian NNR-03 secara perlahan-lahan (~ 2 mL/s), dapatkan nilai torsi, τ_c , dari *console* setelah tercapai keseimbangan antara temperatur dan torsi (lihat 10.1.4 dan Catatan 15), ganti nilai τ_c pada Persamaan 6, dan dari nilai m dan b yang diperoleh sebelumnya pada 11.1.3.3, hitung viskositas NNR-03.

11.1.4.1 Slowly (~ 2 mL/s) inject 50 mL of Non-Newtonian Reference Oil NNR-03, obtain the torque value, τ_c , from the console after temperature and torque equilibrium have been established (see 10.1.4 and Note 15), substitute the value of τ_c in Eq 6, and with the previously obtained values of m and b in 11.1.3.3, calculate the indicated viscosity of NNR-03.

11.1.4.2 Nilai viskositas yang ditentukan untuk NNR-03 harus dalam batas $\pm 1,5\%$ dari nilai pada label kemasan. Jika seperti itu, lanjutkan ke Pasal 12.

11.1.4.2 The viscosity value determined for NNR-03 should be within $\pm 1,5\%$ of the value on the container. If so, proceed to Section 12.

11.1.4.3 Apabila nilai viskositas ditentukan untuk NNR-03 diluar $\pm 1,5\%$ dari nilai pada label kemasan, hitung ulang torsi R-400 seperti pada 11.1.3.2 dan NNR-03 pada 11.1.2.3, apabila perbandingan torsi untuk NNR-03/R-400 adalah $1,000 \pm 0,015$.

11.1.4.3 If the viscosity value determined for NNR-03 is not within $\pm 1,5\%$ of the value on the container, recalculate from the torques of R-400 in 11.1.3.2 and NNR-03 obtained in 11.1.2.3 if the torque ratio of NNR-03/R-400 is $1,000 \pm 0,015$.

11.1.4.4 Apabila perbandingan torsi NNR-03/R-400 dalam batas $1,000 \pm 0,015$, ulangi langkah kalibrasi 11.1.2.1 sampai 11.1.4.2

11.1.4.4 If the NNR-03/R-400 torque ratio is within $1,000 \pm 0,015$, repeat the calibration steps of 11.1.2.1 through 11.1.4.2.

11.1.4.5 Apabila perbandingan torsi NNR-03/R-400 diluar $1,000 \pm 0,015$, setel ketinggian rotor sesuai Buku Petunjuk hingga diperoleh nilai yang benar kemudian

11.1.4.5 If the NNR-03/R-400 torque ratio is outside of $1,000 \pm 0,015$, adjust the rotor height according to directions in the Owner's Manual until the correct NNR-03/R-



ulangi langkah kalibrasi mulai 11.1.2.1 sampai 11.1.4.2.

400 torque ratio value is obtained and then repeat the calibration steps of 11.1.2.1 through 11.1.4.2.

11.1.4.6 Apabila viskositas NNR-03 masih tidak dalam batas 1,5% dengan nilai pada label kemasan, hubungi pabrik pembuat alat.

11.1.4.6 If the viscosity of NNR-03 is still not within 1.5% agreement with the value on the container, contact the instrument manufacturer.

11.2 Metode semi-manual:

11.2 Semi-manual method:

11.2.1 Setel rotor dengan nilai H_i yang diberikan oleh program (lihat Buku Petunjuk).

11.2.1 Set the rotor to the value of H_i given by the program (see Owner's Manual).

11.2.2 Mulai dengan program kalibrasi untuk menganalisa R-200, R-450, dan NNR-03, bandingkan nilai terakhir dengan nilai dari label kemasan NNR-03 yang dimasukkan pada data program.

11.2.2 Initiate the calibration program to run the analysis of R-200, R-450, and NNR-03 to compare the latter value to the value entered into the program data from the NNR-03 container.

CATATAN 13 Secara otomatis program menginjeksikan R-200, R-450, dan NNR-03 kemudian secara otomatis menghitung nilai NNR-03.

NOTE 13 The program automatically injects R-200, R-450, and NNR-03 and then automatically calculates the value of NNR-03.

11.2.3 Apabila nilai NNR-03 yang diperoleh dari analisa yang dilakukan oleh program R-200 dan R-450 lebih besar atau lebih kecil 0,05 mPa.s dari nilai pada label kemasan NNR-03, program akan menunggu reaksi operator untuk merespon.

11.2.3 If the value of NNR-03 determined by the programmed analysis of R-200 and R-450 is greater or lesser than 0.05 mPa.s of the value on the NNR-03 container, the program will wait for operator reaction for response.

CATATAN 14 Buku Petunjuk merekomendasikan pertama-tama jalankan lagi *programmed analysis* pada 11.2.1.

NOTE 14 The Owner's Manual recommends first re-running the programmed analysis of 11.2.1.

11.2.3.1 Apabila nilai viskositas NNR-03 hasil perhitungan lebih besar dari yang terdapat pada label kemasan, turunkan rotor ke dalam stator sebesar 0,02 mm untuk setiap nilai viskositas 0,05 mPa.s Ulangi 11.2.2.

11.2.3.1 If the calculated viscosity value of NNR-03 is greater than that on the container, lower the rotor into the stator by 0,02 mm for each 0,05 mPa.s greater viscosity value and repeat 11.2.2.

11.2.3.2 Apabila nilai viskositas NNR-03 hasil perhitungan lebih kecil dari yang terdapat di dalam wadah, naikan rotor ke luar dari stator sebesar 0,02 mm untuk setiap nilai viskositas 0,05 mPa.s Ulangi 11.2.2.

11.2.3.2 If the calculated viscosity value of NNR-03 is less than that on the container, raise the rotor out of the stator by 0.02 mm for each 0.05 mPa.s viscosity value less than that on the container and repeat 11.2.2.

11.2.4 Apabila nilai viskositas dalam batas 0,05 mPa.s dari nilai pada label kemasan NNR-03 yang sudah lebih dahulu dimasukkan oleh operator ke dalam program, program akan secara otomatis

11.2.4 If the viscosity value is within 0,05 mPa.s of the value on the NNR-03 container previously entered by the operator into the required program information, the program will automatically proceed with

melakukan kalibrasi dengan minyak referensi R-300, R-400, dan menghitung ulang nilai NNR-03 menggunakan keempat nilai minyak referensi R-200, R-450, R-300 dan R-400.

calibration using Reference Oils R-300, R-400 and recalculate the value of NNR-03 using all four values of Reference Oils R-200, R-450, R-300 and R-400.

11.2.5 Apabila penghitungan ulang viskositas NNR-03 dalam batas $\pm 0,05$ mPa.s dari nilai pada label kemasan, program akan melanjutkan ke analisa sampel uji. Lanjutkan ke subpasal 12.2.

11.2.5 If the recalculation of the viscosity of NNR-03 is within $\pm 0,05$ mPa.s of the value on the container, the program will move on to test sample analysis. Proceed to 12.2.

11.2.5.1 Apabila penghitungan ulang viskositas NNR-03 diluar $\pm 0,05$ mPa.s, setel posisi rotor seperti dijelaskan pada 11.2.3 atau 11.2.3.2 dan ulangi 11.2.1 sampai 11.2.5.

11.2.5.1 If the recalculation of the viscosity of NNR-03 is outside of $\pm 0,05$ mPa.s, adjust the rotor position as directed in 11.2.3 or 11.2.3.2 and repeat 11.2.1 to 11.2.5.

11.2.5.2 Apabila penentuan ulang viskositas NNR-03 masih belum dalam batas $\pm 0,05$ mPa.s (cP), hubungi pabrik pembuat viskometer.

11.2.5.2 If redetermination of the viscosity of NNR-03 is still not within $\pm 0,05$ mPa.s(cP), contact the viscometer manufacturer.

11.3 Metode otomatis penuh—Program otomatis penuh secara otomatis mengkalibrasi sel rotor/stator setelah posisi rotor yang sesuai untuk *shear rate* sebesar $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ ditetapkan. Apabila diperlukan koreksi posisi rotor, program akan melakukan perubahan ini dan mengkalibrasi ulang. Lanjutkan ke subpasal 12.3.

11.3 Fully-automated method—The fully-automated program automatically calibrates the rotor-stator cell after automatically determining the proper rotor position for $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate. If correction of rotor position is required, the program makes this change and recalibrates. Proceed to 12.3.

12 Analisa viskometrik sampel minyak

12 Viscometric analysis of sample oils

12.1 Metode manual:

12.1 Manual method:

12.1.1 Injeksikan 50 mL minyak yang diuji secara perlahan-lahan (~ 2 mL/s) ke dalam tabung, tunggu sampai temperature/torsi seimbang, (gunakan tombol *bouncer* apabila model viskometer mengharuskan, lihat Catatan 2) Catat nilai torsi setelah stabil.

12.1.1 Inject 50 mL of a test oils slowly (~ 2 mL/s) into the fill tube, wait for temperature/torque equilibrium, (apply the Bouncer button if the Model viscometer requires this action, see Note 2). Record the torque value after it again stabilizes.

12.1.2 Masukkan hasil pembacaan torsi τ_c yang diperoleh dari Persamaan 6 untuk menghitung viskositas minyak yang tidak diketahui.

12.1.2 Use the torque reading, τ_c , obtained in Eq 6 to calculate the viscosity of the unknown oil.

12.1.3 Lakukan lima kali pengujian minyak lagi.

12.1.3 Progressively analyze five more test oils.

12.1.4 Setelah analisa enam sampel minyak lumas yang tidak diketahui, periksa kembali

12.1.4 After six unknown oils have been analyzed, re-check rotor position by slowly

posisi rotor dengan menginjeksikan minyak referensi Non-Newtonian NNR-03 secara perlahan-lahan dan tentukan viskositasnya dengan Persamaan 6.

12.1.5 Nilai viskositas NNR-03 harus dalam batas $\pm 1,5\%$ dari nilai pada label kemasan. Jika seperti itu, lanjutkan lagi analisa enam minyak lumas yang tidak diketahui.

12.1.5.1 Apabila nilai viskositas NNR-03 tidak dalam batas $1,5\%$ dari nilai pada label kemasan, lihat 11.1.4.2 (mungkin perlu menyetel ulang posisi rotor untuk memberikan $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate* dengan cara seperti yang dijelaskan pada 11.1.2.8 atau sesuai Buku Petunjuk dan mendapatkan kembali nilai m dan b yang benar pada Persamaan 6 dengan melakukan kalibrasi ulang.

12.1.6 Lanjutkan dengan analisa viskometrik dan selalu injeksikan NNR-03 setelah enam pengujian sampel minyak lumas yang tidak diketahui untuk mempertahankan kepastian bahwa *shear rate* yang tepat yang digunakan.

12.1.7 Analisa minyak dalam jumlah yang lebih kecil secara manual

12.1.7.1 Apabila tersedia 30 mL minyak uji, isi *syringe* dengan minyak sejumlah itu dan injeksikan perlahan-lahan (20 detik setiap injeksi) buatlah tiga injeksi masing-masing 10 mL. Tunggu 10 detik antara injeksi untuk memberikan kesempatan minyak yang baru masuk, dan menghilangkan sisa dari injeksi sebelumnya.

CATATAN 15 Apabila jumlah minyak uji sangat terbatas, hubungi pabrik alat ini untuk menanyakan tentang teknik pengujian minyak dengan volume tidak lebih dari 10-15 mL.

CATATAN 16 Setelah beberapa ratus sampel minyak baru (dan kebanyakan minyak lumas mesin). Sebaiknya bersihkan sel rotor/stator dengan pelarut untuk menghilangkan residu hasil oksidasi pada dinding stator atau pada permukaan rotor (lihat subpasal 7.4).

12.2 Metode semi-otomatis

12.2.1 Setelah kalibrasi otomatis (11.2.2), program secara otomatis menganalisa

injecting Non-Newtonian Reference Oil NNR-03 and determine its viscosity using Eq 6.

12.1.5 The viscosity value determined for NNR-03 should be within $\pm 1,5\%$ of the value on the container. If so, proceed to the next six unknown oils.

12.1.5.1 If the viscosity value determined for NNR-03 is not within $1,5\%$ of the value on the container, see 11.1.4.2. (It may be necessary to re-establish the rotor position giving $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate by directions given in 11.1.2.8 or in the Owner's Manual and reestablish the correct values of m and b in Eq 6 by recalibration.

12.1.6 Continue with viscometric analysis and injecting of NNR-03 after ever six unknown test samples to maintain certainty that the proper shear rate is being applied.

12.1.7 Manual analysis of smaller available volumes of oil.

12.1.7.1 If 30 mL of test oil are available, fill the syringe with this amount of oil and slowly (20 s per injection) make three injections of 10 mL each. Wait 10 s between injections to allow the new oil to incorporate and remove remnants of the previous injection.

NOTE 15 If the amount of test oil is severely limited, contact the manufacturer regarding a technique requiring no more than 10 to 15 mL of test oil.

NOTE 16 After several hundred samples of fresh oil (and more frequently if engine oils are being analyzed) it is good practice to clean the rotor/stator cell with a solvent for any oxidized residue on the wall of the stator or surface of the rotor (see 7.4).

12.2 Semi-automated method:

12.2.1 After automated calibration (11.2.2), the program continues by automatically

sampel minyak lumas yang tidak diketahui.

initiating the analyses of the unknown test samples.

12.2.2 Setelah setiap enam sampel minyak lumas diuji, program secara otomatis akan menganalisa minyak referensi *Non-Newtonian* NNR-03 untuk menjamin penggunaan *shear rate* yang benar.

12.2.2 After every six samples are run, the program automatically reanalyzes the Non-Newtonian Reference Oil NNR-03 to assure continued application of the correct shear rate.

12.2.2.1 Apabila penentuan ulang NNR-03 berada dalam kisaran yang diperbolehkan ($\pm 0,05$ mPa·s), program akan melanjutkan menganalisa minyak uji.

12.2.2.1 If the redetermined value of NNR-03 is in range (within $\pm 0,05$ mPa·s), the program continues test oil analysis.

12.2.2.2 Apabila penentuan ulang NNR-03 berada di luar kisaran yang diperbolehkan ($\pm 0,05$ mPa·s), program akan berhenti dan menunggu tindakan operator yaitu kembali ke 11.2.3 untuk menyetel posisi rotor dan mengkalibrasi ulang sel rotor/stator.

12.2.2.2 If the redetermined value of NNR-03 is outside of its allowed range (within $\pm 0,05$ mPa·s), the program will pause and wait for operator response which is to return to 11.2.3 to readjust the rotor position and recalibrate the rotorstator cell.

12.2.3 Program secara otomatis menghitung viskositas minyak uji yang tidak diketahui dan melaporkan hasilnya pada layar computer begitu pula melalui printer.

12.2.3 The program automatically calculates the viscosity of the unknown test oils and reports these values on the computer screen as well as by the attached printer.

12.3 Metode otomatis penuh

12.3 Fully-automated method

12.3.1 Setelah kalibrasi, operator akan memilih apakah membiarkan program pindah ke analisa minyak uji atau tidak. Instruksikan program untuk melakukan analisa minyak uji.

12.3.1 After calibration, the operator can choose whether or not to allow the program to move to the analysis of test oils. Instruct the program to continue to analyzing test oils.

CATATAN 17 Program akan menganalisa minyak uji setiap tujuh analisa satu kali NNR-03. Apabila nilai ini diluar kisaran, program secara otomatis menyetel ulang posisi rotor dan mengkalibrasi ulang.

NOTE 17 The program will analyze the test oils. Every, seventh analysis is of NNR-03. If this value falls out of range, the program automatically readjusts the rotor position and recalibrates.

13 Perhitungan

13 Calculation

13.1 Metode manual—untuk setiap minyak uji, masukkan pembacaan torsi τ_c ke dalam Persamaan 6 dan menggunakan nilai kemiringan, m dan nilai perpotongan, b yang sudah diperoleh sebelumnya, hitung viskositas apparent dari minyak uji pada *shear rate* $1,0 \times 10^6$ s⁻¹ dalam mPa·s (cP).

13.1 *Manual Method*—For each test oil, insert the torque reading, τ_c , produced by the analysis into Eq 6 and using the predetermined values of slope, m , and intercept, b , calculate the apparent viscosity of the test oil at $1,0 \times 10^6$ s⁻¹ shear rate in mPa·s (cP).

13.2 Metode semi otomatis—Program menghitung viskositas minyak uji yang tidak diketahui dalam mPa·s (cP).

13.2 *Semi-automated method*—The program calculates the viscosity of the unknown test oil in mPa·s (cP).



13.3 Metode otomatis penuh—Program menghitung viskositas minyak uji yang tidak diketahui dalam mPa.s (cP).

13.3 Fully-automated method—The program calculates the viscosity of the unknown test oil in mPa.s (cP).

14 Pelaporan

14 Report

14.1 Seluruh metode —Laporkan viskositas apparent sampai 0,01 mPa.s pada 150 °C dan *shear rate* $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ untuk setiap minyak uji baik dilakukan secara manual maupun otomatis.

14.1 All methods—Report the apparent viscosity to the nearest 0,01 mPa.s at 150 °C and $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ *shear rate* for each test oil for either the manual or automated protocols.

15 Presisi dan bias⁵

15 Precision and bias⁵

15.1 Presisi—Kriteria berikut ini harus digunakan untuk menilai akseptabilitas hasil yang diperoleh baik secara manual maupun otomatis.

15.1 Precision—The following criteria should be used for judging the acceptability of results from either the manual protocol or the automated protocols:

15.1.1 *Repeatability* —Perbedaan antara hasil uji yang berulang-ulang, diperoleh dari operator yang sama, dengan peralatan yang sama, pada kondisi operasi tetap, dengan material uji yang sama, dalam jumlah pengujian yang banyak, dalam operasi yang normal dan benar dari metode uji, yang melebihi nilai berikut hanya satu dalam dua puluh kasus:

15.1.1 *Repeatability*—The difference between two successive test results, obtained by the same operator with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material, would in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following values only in one case in twenty:

1,04 % dari rata-rata

(7)

1,04% of the mean

(7)

15.1.2 *Reproducibility* —Perbedaan antara dua hasil uji tunggal dan independen, yang diperoleh dari operator yang berbeda, bekerja dalam laboratorium yang berbeda, dengan material uji yang sama, dalam jumlah pengujian yang banyak, yang melebihi nilai berikut hanya satu dalam dua puluh kasus:

15.1.2 *Reproducibility*—The difference between two single and independent results, obtained by different operators working in different laboratories on identical test material, would in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following values only in one case in twenty:

3,58% dari rata-rata

(8)

3,58% of the mean

(8)

⁵ Data pendukung telah diarsipkan pada Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh melalui permintaan Laporan Penelitian RR: RR: D02-1671.

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Reports RR: RR: D02-1671.

15.1.3 Laboratorium dan minyak yang digunakan untuk menghasilkan data—Sembilan laboratorium mengirimkan data sepuluh minyak lumas mesin digunakan dalam program *round-robin* untuk mendapatkan pernyataan presisi. Analisa statistik diperoleh dengan menggunakan minyak lumas mesin dengan kisaran 2,5 hingga 4,5 mPa·s pada 150 °C dengan *shear rate* $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. Pengujian dilakukan terhadap enam minyak lumas baru dan empat minyak lumas bekas pakai.

15.2 Bias — Tidak tersedia bahan referensi yang cocok untuk menentukan bias dari metode uji ini.

15.2.1 *Bias Relatif* — Bias relatif diperoleh dengan membandingkan Viskometer TBS dengan jenis viskometer putaran lainnya yang disebut *Tapered Plug Viscometer*, metode uji D4741. Kedua instrument ini bekerja dengan *shear rate* yang konstan. Hasil perbandingan silang dari *ASTM Multi-Instrument Round Robin (MIRR)* dan data yang dihasilkan dalam program *Interlaboratory Cross Check*⁶ yang berkelanjutan menunjukkan bias relatif kecil atau tidak ada bias relatif, Pada hakikatnya tidak ada perubahan dari korelasi mereka, baik pada saat korelasi *MIRR* 1996 sampai saat ini. Seperti terlihat pada Laporan Penelitian RR:D02-1698 yang merupakan hasil *ASTM Interlaboratory Cross Check Programs (ILCP)*, terlihat tidak terdapat perbedaan sistematis (bias) antara dua metode uji tersebut.

15.2.2 Bias Relatif juga dapat diperoleh dari jenis viskometer *shear rate* lainnya yang menggunakan teknologi pipa kapiler sehingga *shear rate* di dalam tabung kapiler tidak konstan. Instrumen ini disebut *Multi-Cell Capillary Viscometer*, Metode Uji D5481 dibuat untuk dikorelasikan dengan metode uji D4683 dan D4741.

15.1.3 Laboratories and oils used in generating data— Nine laboratories submitted data on 10 engine oils used in the round robin program to obtain the precision statement. Statistical analysis was obtained on blind coded engine oils covering an approximate range of viscosities from approximately 2,5 to 4,5 mPa·s at 150 °C at a shear rate of $1.0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. The test series was composed of six fresh and four used engine oils.

15.2 Bias—There is no accepted reference material suitable for determining the bias of this test method.

15.2.1 *Relative Bias*—Relative Bias was determined by comparing the Tapered Bearing Simulator Viscometer of this test method with another rotational viscometer called the Tapered Plug Viscometer, Test Method D4741. Both of these instruments operate at constant shear rate. Cross-comparing results from the original ASTM Multi-Instrument Round Robin (MIRR) and data produced in the ongoing ASTM Interlaboratory Cross Check program⁶ showed little or no Relative Bias and essentially no change in their correlation from the MIRR in 1996 to present day. As shown in Research Report RR:D02-1698 the results from 15 ASTM InterLaboratory Cross Check programs (ILCP) showed no systematic difference (bias) between the two methods.

15.2.2 Relative Bias was also generated with another high shear rate viscometer using a capillary technology and thus having non-constant shear rate across the capillary. This instrument, called the Multi-Cell Capillary Viscometer, Test Method D5481, was found to correlate with D4683 and D4741.

⁶ Data pendukung telah diarsipkan pada Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh melalui permintaan Laporan Penelitian RR:D02-1698.

⁶ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:D02-1698.

16 Kata kunci

16.1 Viskositas dinamik; minyak lumas mesin; viskositas *shear rate* tinggi; viskositas *shear* tinggi; viskositas pada temperatur tinggi; viskositas *shear rate* tinggi pada 150 °C; viskometer putar; viskometer *Tapered Bearing Simulator*; *TBS*; minyak lumas mesin bekas pakai.

16 Keywords

16.1 dynamic viscosity; engine oils; high shear rate viscosity; high shear viscosity; high temperature viscosity; high shear rate viscosity at 150 °C; rotational viscometer; Tapered Bearing Simulator Viscometer; TBS; used engine oils



Lampiran
(normatif)
A1. Model viskometer tapered bearing simulator

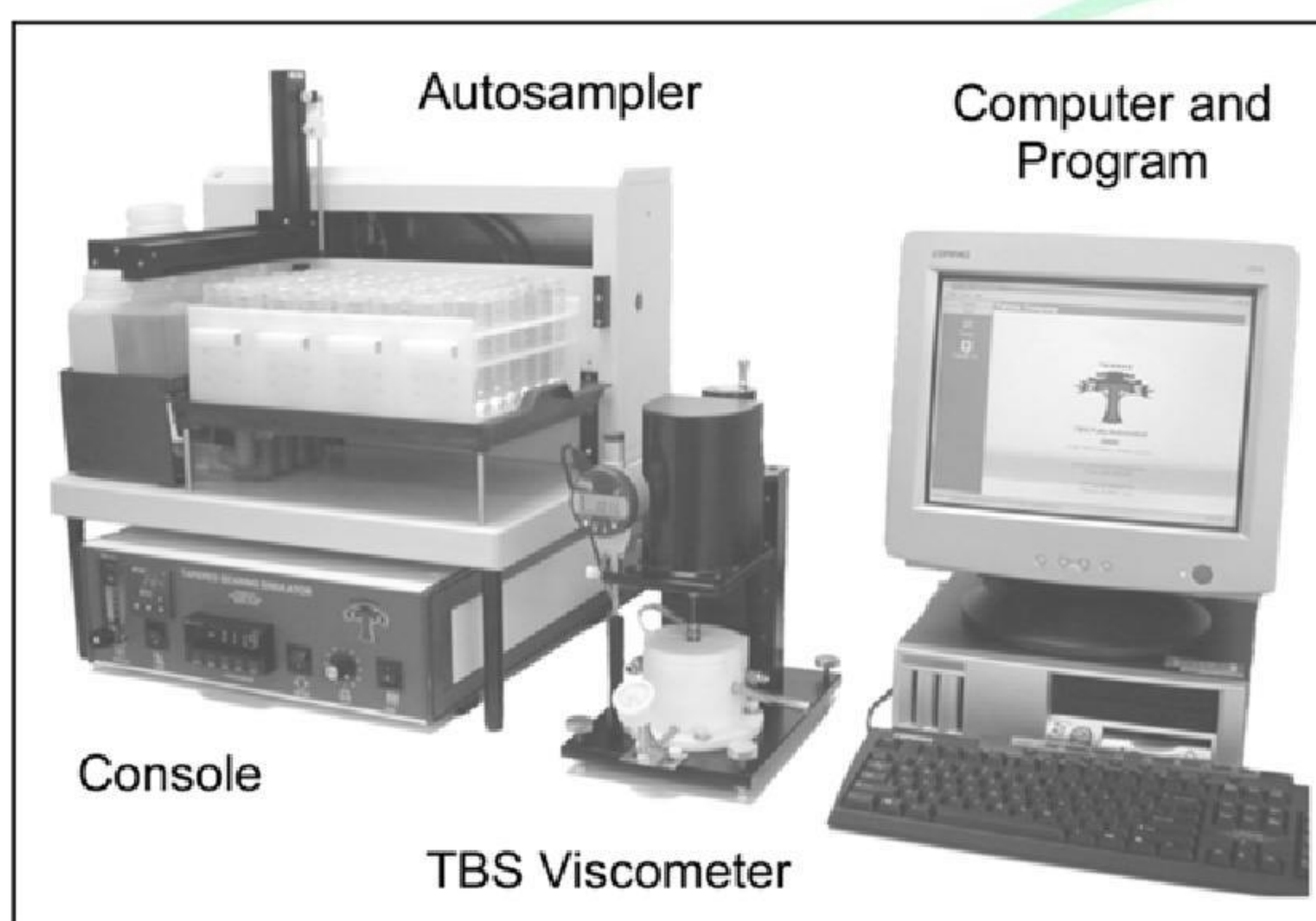
Annex
(Mandatory Information)
A1. Models of the tapered bearing simulator viscometer

A1.1 Lihat Tabel A1.1 untuk model TBS saat ini. Lihat Gambar A1.1 untuk Model 2100 EF: Otomatis Penuh. Lihat Gambar A1.2 untuk komponen Viscometer TBS Model 2100 EF. Lihat Gambar A1.3 untuk Viskometer TBS Model 2100 E. Lihat Gambar A1.4 untuk Viskometer TBS Model 500.

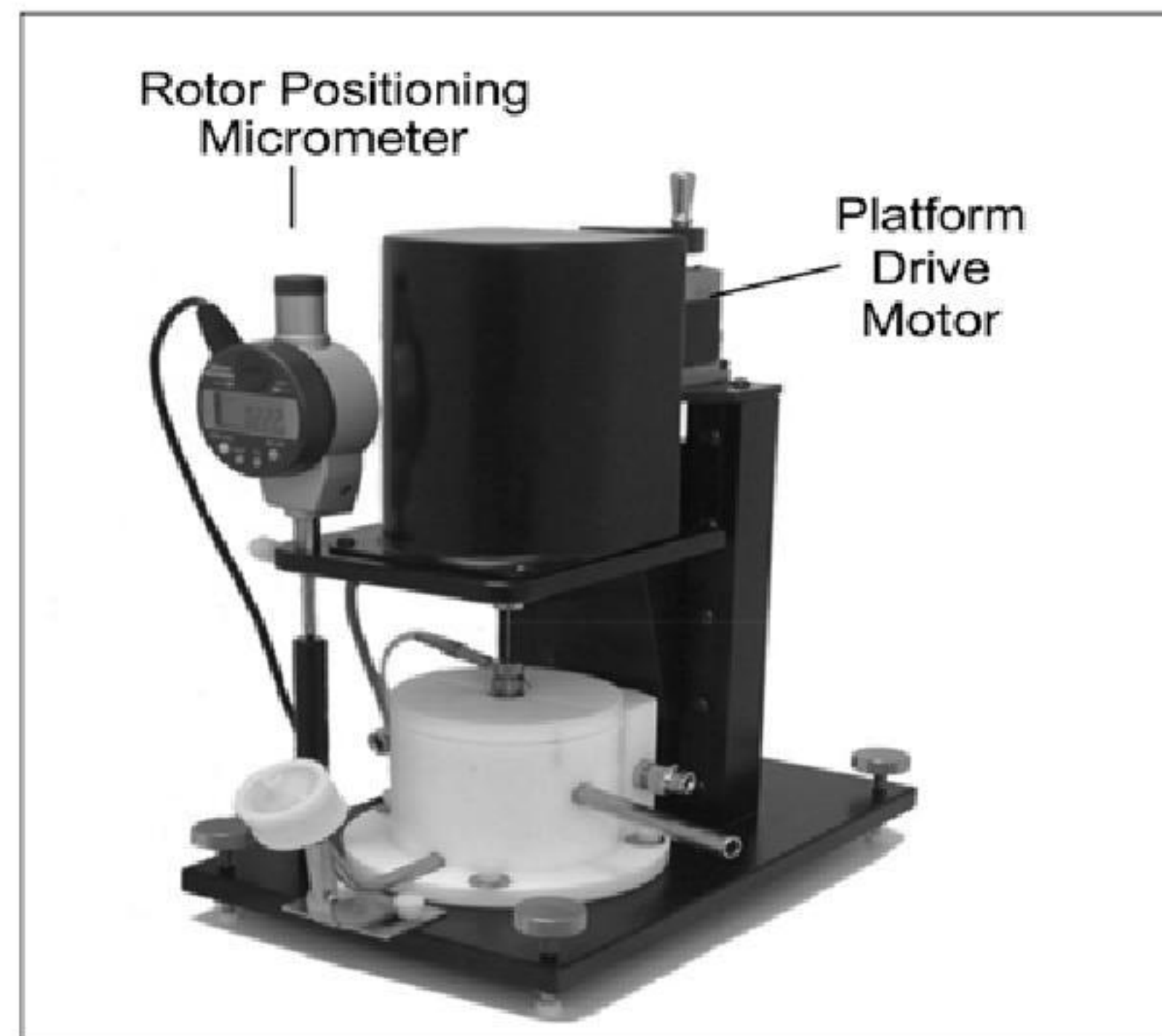
A1.1 See Table A1.1 for present TBS models. See Fig. A1.1 for Model 2100 EF: Fully automated system. See Fig. A1.2 for TBS Viscometer Model 2100 EF components. See Fig. A1.3 for TBS Viscometer Model 2100E. See Fig. A1.4 for TBS Viscometer Model 500.

Tabel A1.1 - Model TBS saat ini, sifat-sifat, dan kisaran
Table A1.1 - Present TBS models, properties, and ranges

<i>TBS Model</i>	<i>Speeds, r/min</i>	<i>Viscosity Range, mPa·s</i>	<i>Temperature Range, °C</i>	<i>Program Application</i>	<i>Cooling Mode Application</i>
2100 EF	800 to 8 000	0,2 to 26	40 to 200	Manual or Fully-Auto	Gas circulation or water mantle
2100 E	800 to 8 000	0,2 to 26	40 to 200	Manual or Semi-Auto	Gas circulation or water mantle
500	3 600	0,2 to 17	100 to 200	Manual or Semi-Auto	Gas circulation or water mantle



Gambar A1.1 - Viskometer TBS model 2100 EF otomatis penuh menunjukkan control console, auto sampler, viskometer TBS, dan komputer
FIG. A1.1 - Fully Automated TBS viscometer model 2100 EF showing control console, autosampler, tbs viscometer, and computer



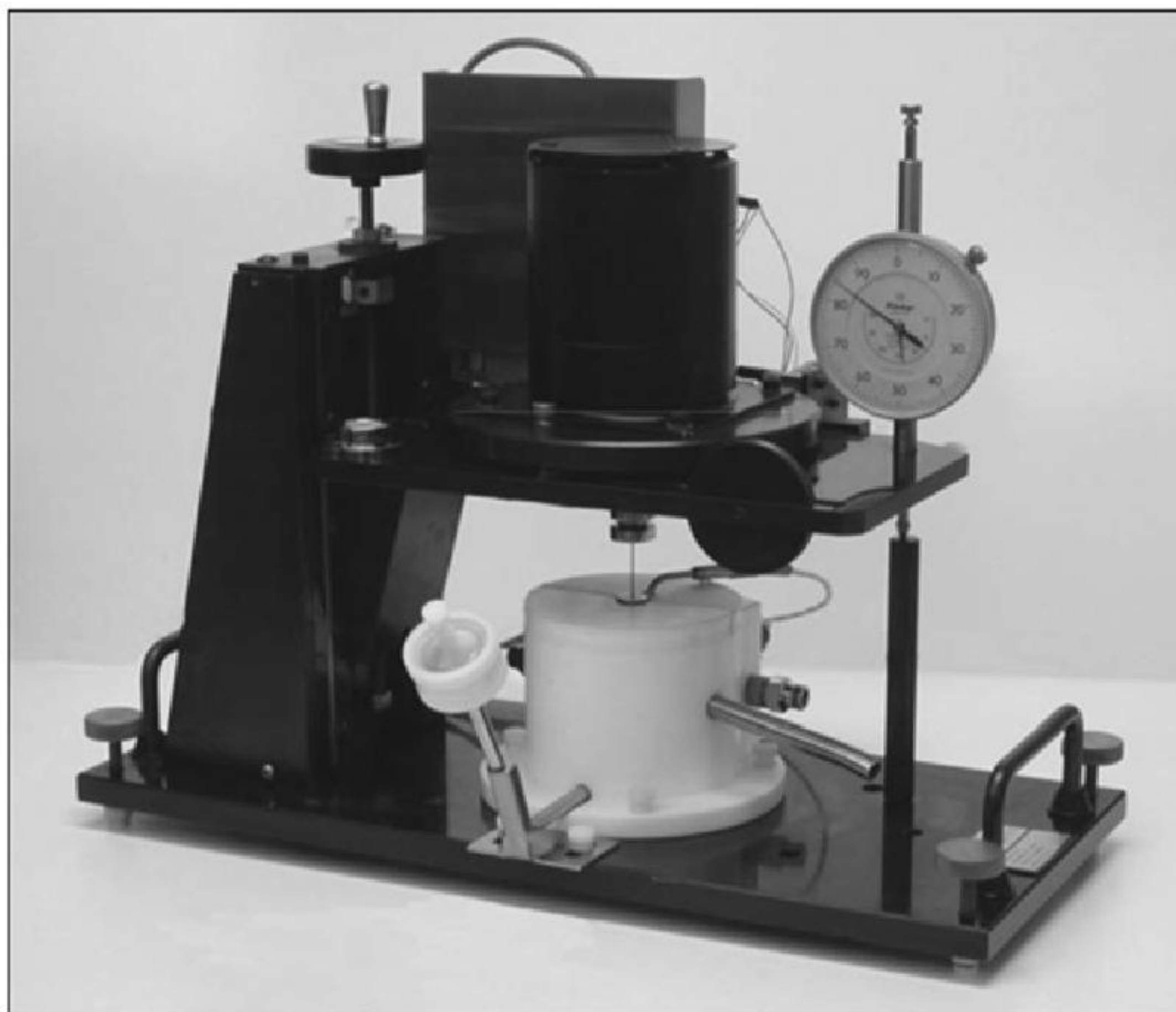
Gambar A1.2 - Viskometer TBS model 2100 EF menunjukkan mikrometer untuk memposisikan rotor dan *platform drive motor*, kedua alat ini dikendalikan oleh program komputer

FIG. A1.2 - TBS viscometer model 2100 EF showing interacting rotor positioning micrometer and platform drive motor, with both devices controlled by computer program



Gambar A1.3 - Viskometer *TBS* model 2100 E beroperasi secara manual

FIG. A1.3 - TBS viscometer model 2100 E equipped for manual operation



CATATAN Motor yang terpasang pada model lama torsinya lebih kecil dari model sekarang tetapi dapat menganalisa fluida dengan viskositas sampai dengan 17 mPa·s.

NOTE Earlier model has motor with less torque than later models but permitting analysis of fluids with viscosities up to 17mPa·s.

Gambar A1.4 - Viskometer TBS model 500
FIG. A1.4 - TBS viscometer model 500



Lampiran
(normatif)

**A2. Beberapa persamaan untuk
viskometri absolut *Tapered Bearing
Simulator***

Annex

(Mandatory Information)

**A2. Some equations used with
absolute tapered bearing simulator
viscometry**

A2.1 Latar belakang—Viskometer *Tapered Bearing Simulator* (TBS) merupakan viskometer absolut⁷, yaitu viskometer yang menghasilkan nilai-nilai *shear rate* dan *shear stress* cairan sehingga viskositas cairan tersebut dapat dihitung secara langsung. Berarti viskometer tidak perlu dikalibrasi dengan minyak referensi.

A2.1.1 Sekalipun karakteristik absolut ini merupakan sifat dari *high shear rate* viskometer TBS dan viskometrik absolut dapat diterapkan setiap saat, ini lebih sulit dari sekadar kalibrasi. Meskipun demikian, prinsip dimana *shear rate* dapat ditentukan dengan viskometrik absolut memberi peluang untuk membuat persamaan yang berguna saat menyusun program dengan memanfaatkan hubungan keduanya.

A2.1.2 *Reciprocal Torque Relationship*—Secara matematis viskositas dari fluida *Newtonian* adalah viskositas sama dengan *shear stress* dibagi *shear rate*:

$$\eta = \frac{\tau}{R} \quad (\text{A2.1})$$

η = viskositas
 τ = *shear stress*
 R = *shear rate*.

Pada viskositas konstan, *shear rate* adalah berbanding lurus dengan *shear stress*:

$$R \propto \tau \quad (\text{A2.2})$$

Oleh karena itu, pada viskometer TBS, taper yang setara dari rotor dan stator memungkinkan persamaan proporsionalitas ini berubah. *Shear rate* didefinisikan sebagai:

$$R = V/D \quad (\text{A2.3})$$

A2.1 Background—The *Tapered Bearing Simulator* (TBS) Viscometer has been shown to be an absolute viscometer⁷. That is, the TBS is a viscometer that in operation provides values for both *shear rate* and *shear stress* on a liquid from which the viscosity of the liquid can be calculated directly. That is, without need for calibration of the viscometer with reference oils.

A2.1.1 Although this absolute characteristic is a property of the *high shear rate* TBS Viscometer and absolute viscometry can be applied at any time, it is more cumbersome than simple calibration. However, the principles by which *shear rate* can be determined through absolute viscometry also permitted establishing equations helpful in setting up programs utilizing these relationships.

A2.1.2 *Reciprocal Torque Relationship*—The mathematical expression for the viscosity of a *Newtonian* fluid is that viscosity is equal to *shear stress* divided by *shear rate*:

$$\eta = \frac{\tau}{R} \quad (\text{A2.1})$$

η = viscosity
 τ = *shear stress*
 R = *shear rate*.

At constant viscosity, *shear rate* is proportional to *shear stress*:

$$R \propto \tau \quad (\text{A2.2})$$

However, in the TBS Viscometer, the slight and matching tapers of the rotor and stator permits this equation of proportionality to take another form. The *shear rate* is defined as:

$$R = V/D \quad (\text{A2.3})$$

keterangan:

V = kecepatan satu permukaan yang bergerak secara sejajar dengan permukaan lain yang berjarak D satuan.

where:

V = velocity of one surface moving parallel to another D units distance apart.

Jadi, shear rate meter/detik per meter dan mempunyai dimensi kebalikan dari detik, S^{-1} . *Shear rate* berbanding terbalik dengan jarak antara dua permukaan sejajar dari rotor yang berputar dengan cepat dan stator yang diam. Menaikkan dan menurunkan tapered rotor akan merubah *shear rate* yang berbanding terbalik secara proporsional dengan ketinggian rotor.

Thus, shear rate is metres/second per metre and has the dimension of reciprocal seconds, S^{-1} . Shear rate is thus inversely proportional to the distance between the parallel surfaces of the rapidly spinning rotor and the stationary stator. Raising and lowering the tapered rotor changes the shear rate inversely proportionately to the change in rotor height:

$$RQ1/H \quad (A2.4)$$

$$RQ \ 1/H \quad (A2.4)$$

H = ketinggian rotor.

H = rotor height.

Mensubstitusikan dan memindahkan dari Persamaan A2.2 menghasilkan:

Substituting and transposing from Eq A2.2 gives:

$$H1/\tau \ Q \ 1/T \quad (A2.5)$$

$$H1/\tau \ Q \ 1/T \quad (A2.5)$$

keterangan:

T = *shear stress* yang dinyatakan dengan besar torsi yang terjadi pada rotor yang berputar mengalami hambatan fluida.

where:

T = shear stress expressed as torque experienced by the spinning rotor when it encounters the viscous friction of a fluid.

Karena itu, istilah ini disebut *reciprocal torque*. Hubungan antara ketinggian rotor, jarak permukaan dari dinding stator dan variasi *shear rate*, menghasilkan beberapa variabel penting.

Accordingly, the latter term is called *reciprocal torque*. This relationship among rotor height, its surface's distance from the stator wall and the consequent variation of shear rate, permits determination of several important variables.

A2.1.3 Infinite torque—Apabila hubungan berbanding terbalik antara ketinggian rotor dan torsi dianalisa, hubungan linier pada Persamaan A2.5 dapat di-ekstrapolasi menjadi *reciprocal torque* sama dengan nol. Ekstrapolasi data ke *reciprocal torque* sama dengan nol menghasilkan suatu nilai pada ketinggian rotor dimana torsi itu sendiri tak terhingga dan dapat dilihat seperti halnya rotor bersentuhan dengan stator.

A2.1.3 Infinite torque—When the inverse relationship between rotor height and torque is analyzed, the linear relationship of Eq A2.5 can be extrapolated to a value of zero reciprocal torque. Such extrapolation of the data to zero reciprocal torque produces a value in rotor height at which torque itself is infinite and can be viewed as being equivalent to contact between the rotor and stator.

A2.1.4 Pilihan Shear rate—Analisa data dari Persamaan A2.5 menghasilkan nilai ketinggian rotor untuk *taper* rotor/stator yang diketahui, dipilih shear rate sesuai dengan ketinggian rotor di atas, titik kontak ditunjukkan oleh *reciprocal torque intercept* menggunakan fluida *Newtonian*.

A2.1.4 Shear Rate choice—Thus, the analysis of data from Eq A2.5 establishes the value of rotor height from which, at a known rotor/stator taper, a chosen shear rate may be selected by the rotor height above this contact point shown by the reciprocal torque intercept using a Newtonian fluid.



$$H_R = (1/T)_R \cdot m_R + b_R$$

(A2.6)

m = kemiringan,

b = perpotongan dari *zero reciprocal torque*, dan
 R = Fluida Newtonian yang digunakan.

Menurut informasi sebelumnya, *shear rate* dapat dipilih atas dasar posisi rotor yang ditentukan oleh jarak kontak antara rotor/stator—perpotongan, b , menunjukkan torsi tak terhingga, kecepatan putaran antar permukaan rotor terhadap stator dan *taper* rotor/stator.

Celah, G , antara permukaan rotor dan stator adalah:

$$G = t/H_{b+h}$$

(A2.7)

t = taper rotor-stator, dan

H_{b+h} = ketinggian rotor di atas perpotongan, b , pada Persamaan A2.6.

Jadi, *shear rate* dapat dihitung dari nilai G , dalam mililiter, dan kecepatan gerak permukaan rotor, N , dalam milimeter per detik.

$$R = N \cdot G$$

(A2.8)

A2.1.5 Penggunaan NNR-03 dan R-400 untuk mengatur ketinggian rotor—Untuk alasan diluar dari kebutuhan lampiran ini (tetapi berhubungan dengan perilaku viskometrik *shear rate* tinggi dari minyak non-Newtonian yang dipilih), hubungan antara nilai *reciprocal torque* minyak referensi non-Newtonian NNR-03 dan ketinggian rotor juga linier. Jadi,

$$H_n = \left(\frac{1}{T_n}\right) \cdot m_n + b_n$$

(A2.9)

n = nilai yang diperoleh menggunakan NNR-03.

Agar lebih mudah menyetel dan memeriksa posisi rotor terbaik untuk mendapatkan $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$, minyak referensi NNR-03 diformulasikan sehingga memiliki viskositas *apparent* sebesar $\sim 3,55 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ pada *shear rate* ini. Untuk mempermudah mendapatkan posisi rotor yang tepat, minyak Newtonian, R-400, diformulasikan agar memiliki viskositas hampir identik sebesar $\sim 3,55 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (lihat 3.2.1.2 dan 3.2.1.3). Dimana dua garis saling berpotongan:

$$H_R = (1/T)_R \cdot m_R + b_R$$

(A2.6)

m = slope,

b = intercept of *zero reciprocal torque*, and
 R = use of a Newtonian fluid.

With the foregoing information, shear rate can be chosen on the basis of a rotor position determined by a distance from rotor/stator contact — the intercept, b , indicating infinite torque, the interfacial rotational velocity of the rotor past the stator and the rotor/stator taper.

The gap, G , between the rotor and stator surfaces is:

$$G = t/H_{b+h}$$

(A2.7)

t = rotor-stator taper, and

H_{b+h} = rotor height above the intercept, b , in Eq A2.6.

Thus, the shear rate may be calculated from the value of G , in millitres, and the rotor surface velocity, N , in millimetres per second.

$$R = N \cdot G$$

(A2.8)

A2.1.5 Use of NNR-03 and R-400 to set Rotor Height—For reasons that lie beyond the need of this annex (but are related to the high shear rate viscometric behavior of chose non-Newtonian oils), the relationship between the reciprocal torque value of the non-Newtonian Reference Oil NNR-03 and the rotor height is also linear. Thus,

$$H_n = \left(\frac{1}{T_n}\right) \cdot m_n + b_n$$

(A2.9)

n = respective values obtained using NNR-03.

In order to relatively easily set and check the best rotor position to yield $1.0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$, Reference Oil NNR-03 is formulated to have an apparent viscosity of $\sim 3.55 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ at this shear rate. To easily and precisely establish the appropriate rotor position, a Newtonian oil, R-400, is formulated to have a closely identical viscosity of $\sim 3,55 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (see 3.2.1.2 and 3.2.1.3). Where the two linear reciprocal lines intersect:

$$H_R = H_n = H_{IS} \quad (A2.10)$$

keterangan:

H_{IS} = perpotongan antara garis Newtonian dan non-Newtonian.

dan

$$(1/T)_R \cdot m_R + b_R = H_{IS} = \left(\frac{1}{T_n}\right) \cdot m_n + b_n \quad (A2.11)$$

Nilai persilangan H_{IS} menghasilkan posisi operasi rotor untuk *shear rate* $1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ dan:

$$T_{R-400} = T_{NNR-03} \quad (A2.12)$$

$$H_R = H_n = H_{IS} \quad (A2.10)$$

where:

H_{IS} = intersection of the Newtonian and non-Newtonian lines.

and

$$(1/T)_R \cdot m_R + b_R = H_{IS} = \left(\frac{1}{T_n}\right) \cdot m_n + b_n \quad (A2.11)$$

The intersection value of H_{IS} gives the rotor operating position for $1.0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ shear rate and:

$$T_{R-400} = T_{NNR-03} \quad (A2.12)$$



Ringkasan perubahan

Summary of changes

Subkomite D02.07 telah mengidentifikasi letak perubahan terpilih dari standar ini sejak penerbitan yang terakhir (D 4683–09) yang dapat mempengaruhi penggunaan dari standar ini. (Disetujui 1 Oktober 2010.)

Subcommittee D02.07 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D 4683–09) that may impact the use of this standard. (Approved Oct. 1, 2010.)

- (1) Di-rekonfirmasi validitas ketelitian dan bias.
- (2) Di-rekonfirmasi ketiadaan bias relatif dengan Metode Uji D4741 dan D5481.
- (3) Tambahkan referensi pada laporan penelitian RR:D02-1698.

- (1) Reconfirmed the validity of the precision and bias statement.
- (2) Reconfirmed the lack of relative bias with Test Methods D4741 and D5481.
- (3) Added reference to Research Report RR:D02-1698.

Subkomite D02.07 telah mengidentifikasi letak perubahan terpilih dari standar ini sejak penerbitan yang terakhir (D 4683–04) yang dapat mempengaruhi penggunaan dari standar ini. (Disetujui 1 Juli 2009.)

Subcommittee D02.07 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D4683–04) that may impact the use of this standard. (Approved July 1, 2009.)

- (1) Metode uji ini telah diperluas dengan memasukkan minyak lumas mesin baru dan bekas begitu pula protokol untuk manual, semi-otomatis dan otomatis, pada pengukuran viskositas *shear rate* tinggi. Banyak perubahan kecil pada bab, uraian, peralatan, catatan, dll. dilakukan untuk meliputi penggunaan metode uji yang diperluas.

- (1) The test method has been expanded to include both used and unused engine oils as well as manual, semi-automated and full-automated protocols of measuring high shear rate viscosity. Many small changes of sections, descriptions, equipment, notes, etc. have been made to encompass the expanded application of the test method.

- (2) Termasuk di dalamnya minyak lumas mesin baru dan bekas pada studi *round robin* serta data yang mendukung D4683 versi terbaru.

- (2) Included both fresh and used engine oils in the round-robin study and data supporting this present version of Test Method D4683.

- (3) Komputer memprogram kumpulan data dari alat Tapered Bearing Simulator baik semi-otomatis dan otomatis, menggunakan pendekatan seperti versi sebelumnya, Metode Uji D4683–04.

- (3) Computer programmed collection of data from semiautomated and fully-automated Tapered Bearing Simulator instruments, all of which utilize the basic approach of the previous version, Test Method D4683–04.

- (a) Perpotongan antara ketinggian rotor linier dengan kurva *reciprocal torque* yang secara teoritis benar dari minyak referensi *Newtonian* dan *non-Newtonian* pada *shear rate* tinggi ($1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$) untuk menentukan posisi operasi rotor yang sesuai, diikuti dengan

- (a) Use of the theoretically correct intersection of the linear rotor height versus reciprocal torque curves of a Newtonian and non-Newtonian reference oil at high shear rate ($1,0 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$) to determine the appropriate operating position of the rotor, followed by

- (b) Kalibrasi viskometer menggunakan empat minyak referensi *Newtonian* yang viskositasnya diketahui dengan koefisien

- (b) Calibration of the viscometer using four Newtonian reference oils of known viscosities with a Correlation Coefficient of

korelasi sekurang-kurangnya 0,999.

at least 0,999.

(c) Menentukan viskositas setiap minyak yang tidak diketahui setelah temperatur stabil pada 150 °C.

(c) Determination of the viscosity of each unknown oil after acceptable temperature stabilization at 150 °C.

(d) Memeriksa posisi operasi rotor yang sesuai setelah setiap sampel ke-enam yang tidak diketahui.

(d) A check of proper rotor operating position after every sixth unknown sample.

(e) Dalam mode semi-otomatis computer akan memberitahukan untuk melakukan penyetelan ulang posisi rotor apabila posisi operasi lebih besar dari $\pm 0,05$ mPa·s. Dalam mode otomatis penuh, komputer itu sendiri yang akan menyetel ulang posisi rotor dan melanjutkan analisa tanpa bantuan operator.

(e) In semi-automatic mode the computer calls for readjustment of rotor position if the operating position is greater than $\pm 0,05$ mPa·s. In fully automatic mode, the computer itself readjusts the rotor position and continues the analyses without operator intervention.

(f) Penghentian analisa dilakukan dengan menginjeksikan *idling oil* untuk mencegah terbentuknya *varnish* pada rotor dan stator.

(f) Termination of an analytical run by an injection of Idling Oil to prevent accumulation of varnish on the rotor and stator.

(4) Memprogramkan pencetakan data yang terkumpul.

(4) Programmed printout of collected data.

(5) Menambahkan berbagai jenis model Viskometer TBS yang sekarang ini sedang digunakan dan dijalankan dalam round robin.

(5) Added the various model types of the TBS Viscometer currently being used and applied in the round robin.

(6) Lampiran A1 ditambahkan untuk memperlihatkan model-model dan konfigurasi yang berbeda dengan model Viskometer TBS lebih mutakhir yang dijalankan untuk menentukan temperatur tinggi, *shear rate* tinggi berdasarkan metode ini.

(6) Annex A1 is added to show the different models and configurations of the more recent models of Tapered Bearing Simulator Viscometer that are employed in making high temperature, high shear rate determinations according to this test method.

(7) Lampiran A2 ditambahkan untuk memahami persamaan-persamaan yang digunakan untuk memperoleh *shear rate* dan kalibrasi yang benar.

(7) Annex A2 is added to give understanding of the equations used in establishing the correct shear rate and calibration.